

Aalto-yliopisto
Perustieteiden korkeakoulu
Master's Programme in Mathematics and Operations Research

Vesa-Matti Riekkinen

Vaihtoehtojen vertailu YVA-menettelyssä

Monikriteerimenetelmien arviointi

Diplomityö
Espoo, 30. toukokuuta 2017

Valvojat:	Professori Kai Virtanen Professori Raimo P. Hämäläinen
Ohjaaja:	Tekniikan tohtori Mika Marttunen

Aalto-yliopisto

Perustieteiden korkeakoulu

 Master's Programme in Mathematics and Operations Re-
 search

 DIPLOMITYÖN
 TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Vesa-Matti Riekkinen		
Työn nimi:	Vaihtoehtojen vertailu YVA-menettelyssä Monikriteerimenetelmien arviointi		
Päiväys:	30. toukokuuta 2017	Sivumäärä:	v + 56
Pääaine:	Systems and Operations Re- search	Koodi:	SCI3055
Valvojat:	Professori Kai Virtanen Professori Raimo P. Hämäläinen		
Ohjaaja:	Tekniikan tohtori Mika Marttunen		
<p>Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA) avulla pyritään vähentämään suurten hankkeiden haitallisia ympäristövaikutuksia. YVAssa tutkitaan ja vertaillaan erilaisia vaihtoehtoja hankkeen toteuttamiseksi. Tutkimalla vaihtoehtoisia toteutustapoja saadaan selville mahdolliset erot vaihtoehtojen ympäristövaikutuksissa. Ympäristövaikutusten arviointimenettely edellyttää vaihtoehtojen vertailua, mutta ei ota kantaa vertailun toteutukseen.</p> <p>Tutkimuksessa on selvitetty sitä, millainen monitavoitearviointiin pohjautuva menetelmä soveltuisi vaihtoehtojen vertailuun kotimaisissa YVA-hankkeissa. Vastausta on etsitty tutkimuskirjallisuuden ja valittujen monitavoitearviointihankkeiden perusteella. Lopputulos on kuvaileva analyysi eri menetelmien vahvuuksista ja heikkouksista, mutta tutkimustavasta ja tapausten pienestä määrästä johtuen tuloksia ei voida laajasti yleistää.</p> <p>Nykykäytäntö YVA-hankkeissa on erittelevä vertailu. Erittelevän vertailun tavoitteena on, että lukija pystyisi muodostamaan selkeän kuvan kunkin vaihtoehdon hyödyistä ja haitoista eri tekijöiden suhteen. Erittelevän vertailun havainnollisuus kuitenkin vähenee arvioitavien tekijöiden ja vaihtoehtojen määrän kasvaessa. Yhdistelevien menetelmien etuja on, että niillä voidaan tarkastella havainnollisesti lukuisia eri tekijöitä ja useampaa eri vaihtoehtoa.</p> <p>Arvopuuanalyysi soveltuu vaihtoehtojen järjestelmälliseen ja kokonaisvaltaiseen arviointiin. Siten kuin tässä työssä on kuvattu, menetelmällä voidaan tutkia tehokkaasti noin 3-5 ratkaisuvaihtoehtoa. Menetelmä mahdollistaa arvioijien subjektiivisten arvostusten sisällyttämisen arviointiin, jolloin voidaan havainnollistaa arvostuksissa olevien erojen vaikutusta lopputulokseen. SMAA on niin sanottu käänteismenetelmä, jota voidaan käyttää, jos saatavilla ei ole päätöksentekijöiden antamaa preferenssitietoa. Menetelmä sopii myös tapauksiin, joissa tarkastellaan suuripiirteisemmin hyvin suurta vaihtoehtojen joukkoa.</p>			
Asiasanat:	monitavoitearviointi, ympäristövaikutusten arviointi		
Kieli:	Suomi		

Aalto University
 School of Science

Master's Programme in Mathematics and Operations Research

 ABSTRACT OF
 MASTER'S THESIS

Author:	Vesa-Matti Riekkinen		
Title:	Comparison of alternatives in EIA Evaluation of multicriteria methods		
Date:	May 30, 2017	Pages:	v + 56
Major:	Systems and Operations Research	Code:	SCI3055
Supervisors:	Professor Kai Virtanen Professor Raimo P. Hämäläinen		
Advisor:	Mika Marttunen D.Sc. (Tech.)		
<p>The environmental impact assessment (EIA) procedure aims at reducing the negative environmental impact of large projects. During the procedure a number of different alternatives for implementing the project are studied and compared to find out what differences there are in terms of the environmental impacts of different alternatives. The EIA procedure requires a comparison of alternatives but the method may be chosen freely.</p> <p>In this study we investigated the application of the methods of multi-criteria decision analysis (MCDA) to the comparison of alternatives in Finnish EIA projects. The problem was investigated based on research literature and a number of chosen MCDA cases. The end result is a qualitative analysis of the strengths and weaknesses of the studied methods, but due to the small number of cases the results may not be widely generalizable.</p> <p>The current practice in the Finnish EIA field is a qualitative or non-aggregating method. The objective of the qualitative method is to give the reader a clear picture of the strengths and weaknesses of each alternative in terms of the different factors. A qualitative analysis, however, becomes more difficult to comprehend as the number of factors and alternatives increases. One of the benefits of quantitative or aggregating methods is that they are capable of exploring a large number of factors and alternatives in an understandable manner.</p> <p>Multi-attribute value theory (MAVT) is suitable for a systematic and comprehensive evaluation and comparison of alternatives. The approach described in this study is suitable for evaluating around 3-5 alternatives. The method enables a participatory approach where stakeholder values are elicited and explicitly incorporated into the the assessment. Stochastic multicriteria acceptability analysis (SMAA) is suitable for situations where preference information cannot be obtained. The method is also suitable for the preliminary analysis of a large number of alternatives.</p>			
Keywords:	multi-criteria decision analysis, environmental impact assessment		
Language:	Finnish		

Sisältö

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimusongelma ja tavoite	2
1.3	Rajaus ja työn rakenne	3
2	Ympäristövaikutusten arviointi	4
2.1	Ympäristövaikutusten arviointimenettely	4
2.2	Monitavoitearvioinnin suunnittelu	7
2.3	Monitavoitearvioinnin vaiheet	9
2.3.1	Tavoitteiden ja vaihtoehtojen määrittäminen	9
2.3.2	Vaikutusten arviointi	11
2.3.3	Preferenssimallin muodostaminen	13
3	Monikriteerimenetelmät	17
3.1	Erittelevät ja yhdistelevät menetelmät	17
3.2	Arvopuuanalyysi	19
3.3	Stokastinen hyväksyttävyyssanalyysi	21
4	Tutkimuksen aineisto ja toteutus	25
4.1	Analyysikehikko	26
4.2	Tarkastellut monitavoitearviointihankkeet	27
4.2.1	Helsingin Energian biopolttoaine-YVA	27
4.2.2	Oulun vedenhankinnan monitavoitearviointi	27
4.2.3	Vuosaaren sataman YVA	28
5	Tulokset	29
5.1	Tulokset tarkastelluista hankkeista	29
5.1.1	Helsingin Energian biopolttoaine-YVA	29
5.1.2	Oulun vedenhankinnan monitavoitearviointi	32
5.1.3	Vuosaaren sataman YVA	36

5.2	Menetelmien soveltamisen arviointi	39
6	Johtopäätökset	45
A	SMAA-ohjelmakoodi	53

Luku 1

Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn (YVA) avulla pyritään vähentämään suurten hankkeiden haitallisia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutukset arvioidaan hankkeen suunnittelun yhteydessä, jolloin tuleviin päätöksiin voidaan vielä vaikuttaa. YVAssa tutkitaan ja vertaillaan erilaisia vaihtoehtoja hankkeen toteuttamiseksi. Tutkimalla vaihtoehtoisia toteutustapoja saadaan selville mahdolliset erot vaihtoehtojen ympäristövaikutuksissa. YVA-menetelmä edellyttää vaihtoehtojen vertailua (YVAA, 2006, 10 §), mutta ei ota kantaa vertailun toteutukseen.

Kotimaisessa YVA-käytännössä on tapana jakaa vertailumenetelmät eritteleviin ja yhdisteleviin menetelmiin. Tämän jaottelun mukaan erittelevässä vertailussa tarkastellaan vaihtoehtojen hyötyjä ja haittoja, mutta ei tehdä päätelmiä vaihtoehtojen paremmuudesta. Yhdistelevässä vertailussa tarkastellaan myös vaihtoehtojen paremmuutta, jolloin voidaan ottaa kantaa eri osapuolten kannalta edullisimpaan vaihtoehtoon. YVA-lainsäädäntö ei edellytä vaikutustiedon yhdistelemistä, mutta yhdistelevät menetelmät ovat olleet useissa suunnittelutilanteissa hyödyllisiä. Yhdistelevillä menetelmillä voidaan kuvata muun muassa miten päätöksentekijöiden ja sidosryhmien erilaiset näkökulmat heijastuvat vaihtoehtojen paremmuuteen.

Monitavoitteinen päätösanalyysi (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA) on joukko lähestymistapoja, joita voidaan soveltaa tilanteissa, joissa on yhteismitattomia vaikutuksia, ristiriitaisia tavoitteita ja erilaisia arvostuksia. Monitavoitteisesta päätösanalyysistä käytetään myös nimitystä *monitavoite-*

tearviointi. Ympäristösuunnittelusta ja -pääöksenteosta löytyy useita esimerkkejä monitavoitearvioinnin soveltamisesta. YVA-menettelyssä monitavoitearvioinnin käyttö on yleistä ainakin Hollannissa (Janssen, 2001). Kotimaisessa YVA-käytännössä tämä on kuitenkin harvinaista.

Monitavoitearviointi käsittää useita hienostuneita menetelmiä. Menetelmien vertailut ovat kuitenkin osoittaneet, ettei ole olemassa yhtä ylivertaista, kaikkiin tilanteisiin sopivaa “supermetodia”. Menetelmän valintaa ohjaavat arviointiprosessille asetetut tavoitteet, tapauksen asettamat vaatimukset ja saatavilla olevat resurssit. Siksi ei ole mielekästä sanoa, että yksi menetelmä olisi itsessään toista parempi tai huonompi. Menetelmä tulisi kuitenkin valita huolellisesti, sillä eri menetelmät eivät välttämättä tuota samaa lopputulosta. (Guitouni & Martel, 1998)

Työ on saanut alkunsa Suomen ympäristökeskuksen johtamassa IMPERIA-hankkeessa (2015). IMPERIA-hanke tutki monitavoitearvioinnin käytäntöjen ja työkalujen soveltamista YVAssa.

1.2 Tutkimusongelma ja tavoite

Työssä tutkitaan monitavoitearvioinnin soveltamista vaihtoehtojen vertailuun ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä. Tutkimusongelma voidaan jakaa pääongelmaan, ja sitä tukeviin alaongelmiin. Alaongelmien avulla haetaan vastausta varsinaiseen pääongelmaan.

Pääongelma:

Millainen monitavoitearviointiin pohjautuva menetelmä soveltuisi vaihtoehtojen vertailuun kotimaisissa YVA-hankkeissa?

Alaongelmat:

- Mikä on vertailun nykykäytäntö kotimaisissa hankkeissa?
- Miten monitavoitearviointia on sovellettu ympäristösuunnittelussa?
- Millaisia kriteerejä menetelmän valintaan liittyy?
- Millaista monitavoitearviointiin pohjautuva vertailu voisi olla?

Tutkimuksen tavoite on arvioida valittujen monikriteerimenetelmien soveltuvuutta vaihtoehtojen vertailuun kotimaisissa YVA-hankkeissa.

1.3 Rajaus ja työn rakenne

Tarkastelu rajataan arvoteorian piiriin kuuluviin menetelmiin. Tässä työssä tutkitaan arvopuuanalyysiä (MAVT) ja stokastista hyväksyttävyyssanalyysiä (SMAA). Tällä valinnalla saadaan tarkasteluun kaksi varsin erilaista, eri hankkeissa sovellettua menetelmää. Arvopuuanalyysiä on sovellettu ympäristöpäätöksentekoon laajalti sekä Suomessa että kansainvälisesti. Sitä ei ole kuitenkaan sovellettu kotimaisissa YVA-hankkeissa. SMAA-lähestymistapaa on sovellettu YVA-menettelyssä erityisesti sen alkuvuosina. Menetelmä on sikäli erityinen, että se ei edellytä preferenssejä kuvaavan tiedon keräämistä. Toisaalta menetelmä on jokseenkin monimutkainen, ja siten vaikeammin ymmärrettävä. Arvopuuanalyysin ja SMAAn lisäksi tarkastellaan nykykäytännön mukaista erittelevää vertailua.

Työn rakenne on seuraava. Luvussa 2 kuvataan kirjallisuutta monitavoitearvioinnin soveltamisesta ympäristövaikutusten arvioinneissa. Luvussa 3 kuvataan työssä tutkittavat monikriteerimenetelmät. Luvussa 4 kuvataan työn aineisto ja toteutus. Luvussa 5 kuvataan (osiossa 5.1) ja sitten arvioidaan (osiossa 5.2) valituissa monitavoitearviointihankkeissa tehtyä arviointia. Luvussa 6 esitetään työn johtopäätökset.

Luku 2

Ympäristövaikutusten arviointi

2.1 Ympäristövaikutusten arviointimenettely

Tässä osiossa esitellään ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA). Ensin kuvataan YVA-menettelyn tarkoitus. Lisäksi kuvataan menettelyyn osallistuvat osapuolet, ja menettelyn eteneminen.

YVA-menettelyssä selvitetään ja arvioidaan suurten hankkeiden toteuttamisesta mahdollisesti aiheutuvia ympäristöhaittoja, ja pyritään etsimään keinoja niiden estämiseksi tai vähentämiseksi (JY, 2016). Kyse on lakisääteisestä menettelystä, jota määrittävät laki (YVAL, 1994) ja asetus (YVAA, 2006) ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Lain tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja yhtenäistä huomioon ottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa, sekä samalla lisätä kansalaisten tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia (YVAL, 1994, 1 §).

YVA-lakia sovelletaan suuriin hankkeisiin, joista saattaa aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Hankkeet, joihin YVA-menettelyä sovelletaan, määritellään asetuksen hankeluettelossa (YVAA, 2006, 6 §). Menettelyä voidaan soveltaa myös yksittäistapauksessa, jos hankkeen todennäköiset vaikutukset ovat rinnastettavissa hankeluettelossa esitettyjen hankkeiden vaikutuksiin (YVAL, 1994, 4 §). Yleisimpiä hanketyyppejä vuosina 1994-2014 olivat jätehuolto, luonnonvarojen otto ja käsittely, sekä energian tuotanto. Vuonna 2014 hankkeet painottuivat energian tuotantoon ja erityisesti tuulivoimaan. Keskimäärin hankkeita tulee vireille 30-50 kappaletta vuodessa. Vuoden 2014 loppuun mennessä hankkeita oli tullut vireille yhteensä 717 kappaletta. (SYKE, 2015)

YVA-menettelyn pääosapuolia ovat hankkeesta vastaava taho ja menettelyä valvova yhteysviranomainen. Yleensä hankkeesta vastaava ei itse arvioi hankkeensa ympäristövaikutuksia, vaan tilaa työn siihen erikoistuneelta suunnittelutoimistolta. Pääosapuolien lisäksi menettelyyn voivat osallistua kaikki sidosryhmät, joita hanke koskettaa. (JY, 2016)

- **Hankkeesta vastaava.** Hankkeen valmistelusta ja toteuttamisesta vastaava toiminnanharjoittaja. Hanketta toteuttava taho voi olla yritys, kaupunki tai virasto.
- **Konsultti.** Ympäristövaikutusten arviointiin erikoistunut suunnittelutoimisto. Suomessa tällaisia toimistoja ovat muun muassa Pöyry, Ramboll, Finnish Consulting Group ja Sito. Yleensä hankkeesta vastaava ostaa ympäristövaikutusten arvioinnin ulkopuoliselta konsultilta.
- **Yhteysviranomainen.** Ohjaa ja koordinoi YVA-menettelyä. Yhteysviranomaisina toimivat alueelliset elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset, paitsi ydinenergiահankkeissa työ- ja elinkeinoministeriö.
- **Sidosryhmät.** Kaikki muut osalliset, joita hanke koskettaa. Näihin kuuluvat muut viranomaiset, erilaiset järjestöt ja asiantuntijat, yritykset sekä yksityishenkilöt. YVA-menettelyssä on tyypillisesti suuri määrä sidosryhmiä, joiden vaikutusvalta vaihtelee.

YVA jakautuu ohjelmavaiheeseen ja selostusvaiheeseen. Ohjelmavaiheen lopputulos on arviointiohjelma, joka on käytännössä suunnitelmadokumentti. Suoritettu arviointi ja keskeiset tulokset dokumentoidaan arviointiselostukseen. Arviointiselostus on siis YVA-menettelyn loppuraportti. Yhteysviranomaisen keskeinen tehtävä on laatia lausunto ensin ohjelmasta ja arvioinnin päätyttyä selostuksesta. Uuden YVA-direktiivin (2014/52/EU) mukaan yhteysviranomaisen tulee myös esittää perusteltu päätelmä hankkeen merkittävistä ympäristövaikutuksista. Tämä laajentaa yhteysviranomaisen tehtävää, johon on aikaisemmin kuulunut selostuksen riittävyyden arviointi. (Rantakallio, 2014)

Arviointiselostuksessa on esitettävä *hankkeen vaihtoehtojen vertailu* (YVAA, 2006, 10 §). YVA-asetus ei kuitenkaan määrittele vertailun sisältöä tämän tarkemmin. Kirjallisuus kuitenkin tarjoaa vertailulle useampia määritelmiä. Jantusen ja Hokkasen (2010) mukaan vaihtoehtojen vertailussa tiivistetään päätöksentekoa varten kaikki YVA-menettelyssä tuotettu tieto. Turtiainen (2000) painottaa vaihtoehtojen etujen ja haittojen tarkastelua. Molemmat painottavat, että vaihtoehtojen paremmuutta tulee arvioida eri näkökulmista. Tällöin ei etsitä yhtä parasta vaihtoehtoa, vaan esitetään erilaisia perusteltuja näkemyksiä.

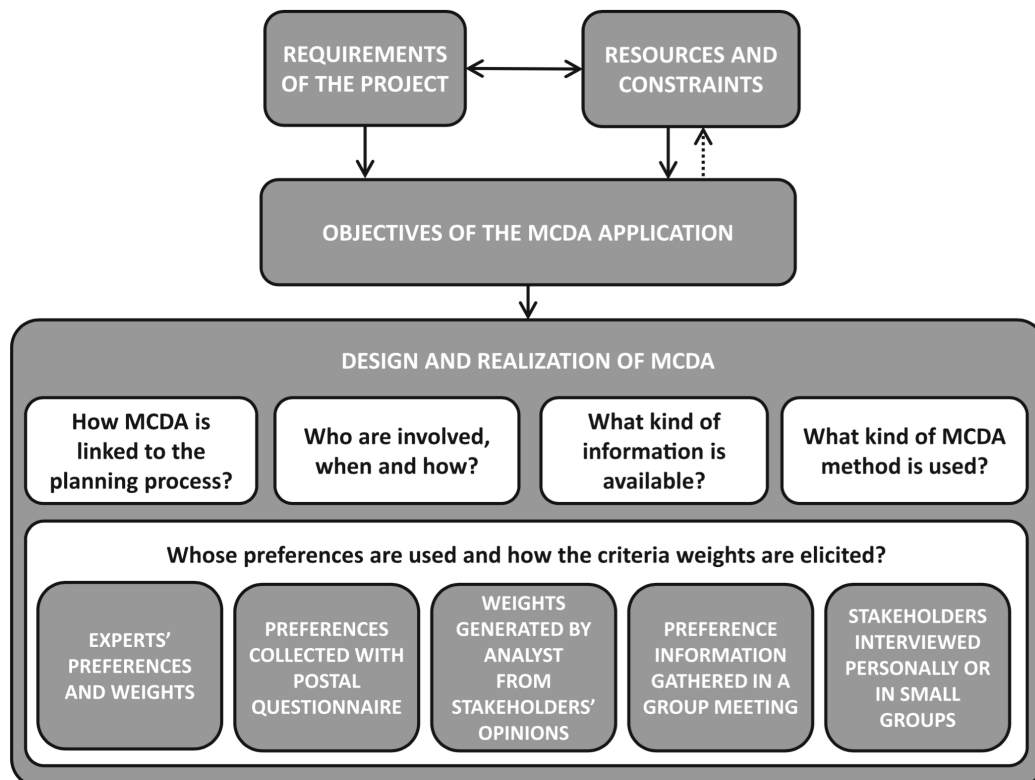
Perinteisiä osallistumisen keinoja ovat yhteysviranomaiselle osoitetut lausunnot ja osallistuminen hanketta koskevaan julkiseen keskusteluun. Paikalliset asukkaat voivat vaikuttaa myös osallistumalla asukkaille suunnattuihin kyselyihin. Hankevastaava järjestää yleensä myös yleisötilaisuuksia. Lehmonen (2012) on tunnistanut nykymuotoisen osallistumisen puutteita. Osallistumisen kehittämiskohtia ovat vuorovaikutuksen niukkuus, tiedon ja osallistumismahdollisuuksien puuttuminen suunnittelun alkuvaiheessa, tietämättömyys ja tottumattomuus, mielipiteiden kirjon edustavuuden varmistaminen, osallistujien resurssien puute, epäluulot ja ristiriidat, sekä heikko vaikuttavuus ja osallistumisen vaihteleva hyödyntäminen. Myös Jantunen & Hokkanen (2010, s. 57) tuo esiin vuorovaikutuksen lisääminen. Hilden et al. (1997, s. 38) katsoo, että osallistumisen tavoitteet olisi syytä määritellä tarkemmin.

YVA tulisi laatia hankkeen suunnitteluvaiheessa silloin, kun tehtäviin valintoihin on vielä mahdollista vaikuttaa. Kirjallisuudessa vallitsee laajalti näkemys siitä, että YVA tulisi tehdä aikaisessa vaiheessa suhteessa hankkeen suunnitteluun. Myöhään tehtyä arviointia on pidetty väkinäisenä ja turhauttavana. Varhaisen ajoituksen haittapuoli on kuitenkin suunnitelmien keskenäisyydestä johtuva vaikutusarvioiden epävarmuus. (Jantunen & Hokkanen, 2010, s. 36-41) Hokkanen & Kojo (2003) arvioivat, että YVAn keskeinen vaikutus ennen menettelyä on sen ennakkointi, menettelyn aikana vaihtoehtojen vertailu ja menettelyn jälkeen päätöksenteon oikeutus. Ennakointia tapahtuu, koska hankkeesta vastaava taho on tietoinen velvoitteesta arvioida hankkeen ympäristövaikutukset. Hanketta suunnitteleva taho siis ennakoi tulevaa YVA-menettelyä kehittämällä ympäristön kannalta suotuisampia vaihtoehtoja. Vertailun avulla voidaan havainnollistaa vaihtoehtojen välillä olevia eroja, ja kuvata vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuutta eri näkökulmista. Vertailu siis tuottaa tietoa, jota voidaan käyttää hankkeen suunnittelussa ja sitä koskevien päätösten valmistelussa. Päätösten perusteluissa voidaan viitata vertailun ja ympäristövaikutusten arvioinnin tuloksiin.

YVA tukee hankkeen suunnittelua, mutta YVA ei ole päätöksentekoprosessi. Hankkeen suunnittelusta vastaava taho suhteuttaa ympäristönäkökulmat omiin intresseihinsä, jotka voivat olla teknisiä, taloudellisia tai oikeudellisia (Hokkanen & Kojo, 2003). Hankkeen toteuttaminen edellyttää myös lupien hakemista. Tällainen lupa voi olla esimerkiksi ympäristölupa ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttaville toiminnoille. Ympäristöluvassa voidaan antaa määräyksiä muun muassa toiminnan laajuudesta, päästöistä ja niiden vähentämisestä (Ympäristöhallinto, 2016). Ympäristövaikutusten arviointi siis tuottaa tietoa hankkeen mahdollisten toteutusvaihtoehtojen ympäristövaikutuksista, ja näiden eroista. YVA-menettelyssä tuotettua tietoa hyödynnetään hankkeen suunnittelussa, ja sitä koskevassa päätöksenteossa.

2.2 Monitavoitearvioinnin suunnittelu

Monitavoitearviointi on monipuolinen ja joustava lähestymistapa, mutta hankkeen asettamat vaatimukset ja käytettävissä olevat resurssit vaikuttavat siihen, millaisia tavoitteita arvioinnille on perusteltua asettaa ja miten prosessi kannattaa toteuttaa. Monitavoitearviointi tarjoaa joukon varsin erilaisia menetelmiä, joten arvioinnin suunnittelussa on perusteltua harkita erilaisien menetelmien sopivuutta tarkasteltavaan suunnittelutilanteeseen. Varsinaisten menetelmien lisäksi arvioidaan myös erilaisia tapoja tarkasteltavien menetelmien soveltamiseen. Prosessin suunnittelussa joudutaan myös ratkaisemaan sen eri vaiheisiin osallistuvien tahojen ja näiden edustajien valinta. Kuvassa 2.1 kuvataan suunnittelukehikko, jonka avulla voidaan arvioida erilaisia tapoja monitavoitearvioinnin soveltamiseen. Esitetyssä kehikossa kuvataan myös erilaisia lähestymistapoja preferenssien mallintamiseen. Lähestymistavat eroavat sen suhteen, kenenkä preferenssejä analyysissä kuvataan ja miten eri tekijöiden painoarvot määritetään. (Marttunen et al., 2015)



Kuva 2.1: Suunnittelukehikko, jonka avulla voidaan arvioida erilaisia tapoja monitavoitearvioinnin soveltamiseen (Marttunen et al., 2015)

Monitavoitearviointia voidaan soveltaa eri tavoin, mutta eri lähestymistapojen rakenne on samanlainen. Tässä työssä kuvattavia päävaiheita ovat ongelman jäsentely, preferenssimallin muodostaminen ja lopuksi tulosten arviointi. Päävaiheet jakautuvat pienempiin osavaiheisiin kuten on esitetty kuvassa 2.2.



Kuva 2.2: Arvopuuanalyysin vaiheet vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa (Marttunen, 2011)

Monitavoitearviointin ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan suunniteltavan hankkeen tavoitteet ja arvioitavat vaihtoehdot. Vaihtoehtoja arvioidaan joko suhteessa päättäjien itse asettamiin tavoitteisiin tai tunnistettuihin ympäristövaikutuksiin. Tilanteesta riippuen luonnollinen vaihtoehtojen joukko voi olla hyvin määritelty jo ongelman asettelussa. Jos ennalta määritettyä vaihtoehtojen joukkoa ei ole, vaihtoehdot muodostetaan prosessin aikana. (Marttunen et al., 2008) Monitavoitearviointin toisessa vaiheessa arvioidaan tarkasteltavien vaihtoehtojen vaikutukset eri tekijöiden suhteen. Vaikutusten arvioinnissa voidaan hyödyntää sekä tutkimustietoon perustuvia mittareita että näiden puuttuessa myös asiantuntija-arvioita. (Mustajoki et al., 2015) Monitavoitearviointin kolmannessa vaiheessa arvioidaan eri tekijöille niiden tärkeyttä kuvaavat painoarvot. Ihmisillä ei yleensä ole mielessään valmiita

painoarvoja eri tekijöille, vaan ne täytyy rakentaa päätösprosessin aikana. Painojen määrittäminen voidaan toteuttaa eri tavoin, ja toteutustavalla voi olla vaikutusta siihen, miten hyvin painot vastaavat arvioijien todellisia preferenssejä. Toteutustavat vaihtelevat asiantuntijalähtöisestä henkilökohtaisiin päätösanalyysihaastatteluihin. (Marttunen et al., 2015)

Monitavoitearviointiin osallistuvat tahot ja näiden edustajat tulisi tunnistaa aikaisessa vaiheessa. Yhdisteleviä menetelmiä sovellettaessa olisi myös suotavaa, että preferenssien mallintamiseen osallistuvia henkilöitä valmennetaan eri tekijöiden painoarvojen määrittämiseen. Tämä voidaan tehdä osallistamalla heitä prosessin eri vaiheisiin, esimerkiksi yhteistyöryhmässä. (Mustajoki et al., 2015) Osallistumisen kautta saadaan tietoa kaikilta osallisilta, ja varmistetaan erilaisten näkökulmien huomioon ottaminen. Osallistuminen myös lisää sitoutumista prosessin lopputulokseen. (Lahdelma et al., 2000) Osallistumisen puuttumisesta voi seurata ristiriitoja ja vastakkainasettelua (Kiker et al., 2005).

2.3 Monitavoitearvioinnin vaiheet

2.3.1 Tavoitteiden ja vaihtoehtojen määrittäminen

Jos halutaan selvittää, kuinka eri sidosryhmien edustajat hahmottavat ongelman, heitä voidaan osallistaa osana hankkeen suunnittelua. Keinoja tähän voivat olla erilaiset työryhmät tai haastattelut. Kun etsitään yhteisesti hyväksyttävää ratkaisua, on perusteltua sopia yhteisistä tavoitteista, jotka mahdollistavat erilaisten näkemysten kuvaamisen. Tämä tukee yhteisen käsitteistön ja kokonaiskuvan muodostumista. Tällöin on suotavaa, että kaikki osapuolet osallistuvat tavoitteiden tunnistamiseen. (Marttunen et al., 2008) Yhteisiä tavoitteita lähestytään yhdistämällä eri osapuolien omat tavoitteet. Erimielisyys eri tavoitteiden tärkeydestä ei ole este yhteisten tavoitteiden muodostamiselle. Asianosaisten tulisi kuitenkin olla yhtä mieltä siitä, onko tavoitteen kuvaama asia luonteeltaan positiivinen vai negatiivinen. (Eisenführ et al., 2010)

Käytäntö on osoittanut, että pelkkä tavoitteiden listaaminen ei ole riittävä keino niiden tunnistamiseksi. Myös empiirisesti on havaittu, että tällä tavalla löydetään yleensä alle puolet yksilön relevanteista tavoitteista. (Keeney, 2013) Tunnistamisessa voidaan hyödyntää muun muassa havaittuja ongelmia, esillä olevien vaihtoehtojen vertailua ja ongelman tarkastelua eri osapuolien näkökulmasta. Esimerkiksi seuraavat kysymykset voivat olla käyttö-

kelpoisia: Mitä pitäisi muuttaa nykytilanteeseen nähden, ja miksi? Mikä tekee jostain vaihtoehdosta toista paremman? Mitkä vaihtoehdot olisivat kullekin osapuolelle kelvottomia tai kelpollisia? (Marttunen et al., 2008) Tavoitteiden tunnistaminen siirtää huomiota keinoista siihen, mitä pidetään tärkeänä. Siksi keinotavoitteet tulisi erotella perimmäisistä tavoitteista. Perimmäisiä tavoitteita tavoitellaan niiden itsensä takia. Perimmäisen tavoitteen kohdalla on vaikea vastata kysymykseen "Miksi tämä tavoite on minulle tärkeä?", koska tavoitteen saavuttaminen on itseisarvo. Keinotavoitteen saavuttaminen ei ole tärkeää sen itsensä takia, vaan keinona edistää toisen tavoitteen saavuttamista. Koska keinotavoitteen yhteys perimmäisiin tavoitteisiin voi olla epävarma, vaihtoehtojen hyvyyttä tulisi arvioida perimmäisillä tavoitteilla. Ihmisille on kuitenkin ominaista keinokeskeinen ajattelu, joka lähtee ennalta määritellyistä ratkaisuvaihtoehdoista. Arvokeskeinen ajattelu (Keeney, 1992) painottaa perimmäisten tavoitteiden käyttöä päätöksenteon perustana. Tämä laajentaa päätöksenteon näkökulmaa, ja edistää parempien ratkaisujen löytämistä. (Eisenführ et al., 2010; Marttunen et al., 2008)

Tavoitteet jäsennetään arvopuiksi ryhmittelemällä tavoitteet hierarkisesti. Arvopuun ylimmällä tasolla on kokonaistavoite, joka jakautuu osatavoitteisiin. Osatavoitteita sanotaan kriteereiksi, ja nämä jakautuvat osakriteereihin. Osakriteerit tarkentavat ylemmän tason kriteeriä määrittelemällä, mikä siinä tarkalleen ottaen on tärkeitä. Alimman tason kriteerejä sanotaan attribuuteiksi, ja niiden tulisi olla helposti mitattavissa. Hyvän kriteeristön tärkeimpiä ominaisuuksia ovat täydellisyys, toiston välttäminen, mitattavuus, riippumattomuus ja yksinkertaisuus (Eisenführ et al., 2010). Kriteeristön tulisi siis sisältää kaikki asiaan vaikuttavat seikat, mutta vain sen verran kuin on tarpeen ongelman kuvaamiseksi. Tarpeettoman suuri malli on työläs ja monimutkainen, mutta liian pieni malli ei tuo esiin kaikkia näkökulmia. Lisäksi malliin voi olla mielekästä sisällyttää myös vähemmän merkityksellisiä tekijöitä, jos on tarpeen osoittaa, että ne on otettu huomioon päätöksen valmistelussa. (Marttunen et al., 2008) Kriteerit tulisi valita siten, että ne eivät sisällä toistoa. Jos samaa asiaa mitataan usealla kriteerillä, sen merkitys ylikorostuu. Pällekkäisyyttä voidaan purkaa kriteerien huolellisella määrittelyllä. Toiston välttäminen voi silti olla hankalaa, kun pyritään yhtä aikaa täydellisyteen ja yksinkertaisuuteen (Lahdelma et al., 2000). Kriteerien tulisi olla myös ymmärrettäviä ja operationaalisia. Operationaalisuus tarkoittaa, että tarvittava tieto on kohtuullisin ponnistuksin hankittavissa. (Marttunen et al., 2008)

Vaihtoehtojen tunnistaminen on keskeinen osa ongelman jäsentelyä. Vaihtoehtojen avulla opitaan ymmärtämään suunnittelutilannetta, esimerkiksi sitä, miten eri vaihtoehdot toteuttavat asetettuja tavoitteita. Siksi on olennais-

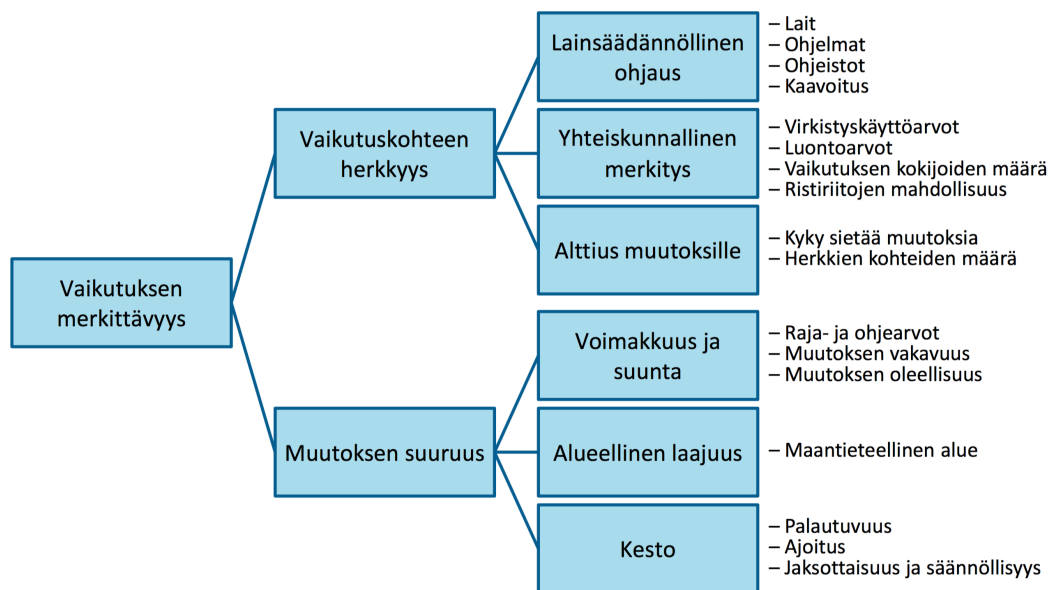
ta käsitellä riittävän erilaisia vaihtoehtoja. Tilanteesta riippuen luonnollinen vaihtoehtojen joukko voi olla hyvin määritelty jo ongelman asettelussa. Jos ennalta määritettyä vaihtoehtojen joukkoa ei ole olemassa, vaihtoehdot on muodostettava prosessin aikana. (Marttunen et al., 2008) Vaihtoehtojen muodostamisessa tulisi hyödyntää aikaisemmin tunnistettuja tavoitteita. Vaihtoehdon hyvyttä arvioidaan aina suhteessa tavoitteisiin, joten tavoitteiden tulisi ohjata myös uusien vaihtoehtojen etsintää. Vaihtoehtoja voidaan muodostaa esimerkiksi kehittämällä olemassa olevien vaihtoehtojen heikkouksia. Toinen tapa muodostaa vaihtoehtoja on tarkastella erilaisten toimenpiteiden mahdollisia yhdistelmiä. Tällöin alustava vaihtoehtojen joukko voi olla hyvinkin suuri. (Eisenführ et al., 2010)

Vaihtoehtotarkastelun laajuus on hankekohtaista, mutta riippuu erityisesti hanketyypistä. Aito vaihtoehtotarkastelu on yleisempää nauhamaisissa hankkeissa, kuten tiehankkeissa. Nauhamaisissa hankkeissa vaihtoehtoja voivat olla esimerkiksi erilaiset linjaukset. Tällaisissa hankkeissa sovellettava lunnastuslaki voi mahdollistaa maanomistuksesta riippumattoman linjauksen. Suppea vaihtoehtotarkastelu on yleisempää teollisissa hankkeissa. Suppeassa tarkastelussa saattaa olla vain yksi päävaihtoehto. Hyviä vaihtoehtoja voivat olla esimerkiksi erilaiset sijoituspaikat ja kokovaihtoehdot. (Jantunen & Hokkanen, 2010; Jalava et al., 2010) Silti on myös hankkeita, joissa teknis-taloudelliset reunaehdot eivät jätä liikkumavaraa. Paikkaan sidotut hankkeet ovat sellaisia, joissa hankkeella ei ole muita sijaintivaihtoehtoja. Tällaisia ovat esimerkiksi kaivos- ja kaivoshankkeet, joissa paikka määrittyy malmiesiintymän sijainnin perusteella. Näissä hankkeissa vaihtoehtoja voidaan muodostaa esimerkiksi malmien louhintamäärän ja teknisten ratkaisujen perusteella. (Eskola, 2015)

2.3.2 Vaikutusten arviointi

YVA-menettelyssä arvioidaan tarkasteltavien vaihtoehtojen vaikutukset eri tekijöiden suhteen. Vaikutusten arvioinnissa voidaan hyödyntää sekä tutkustietoon perustuvia mittareita että näiden puuttuessa myös asiantuntija-arvioita. Suurten hankkeiden ympäristövaikutusten arviointeja tekevät yleensä useat eri vaikutusalojen asiantuntijat. Eri vaikutusarviot kootaan yhteen projektipäällikön ja hankevastaavan johdolla. (IMPERIA-hanke, 2015) YVA-menettelyssä on käytäntönä arvioida kullekin vaikutukselle sen merkittävyys. Esimerkiksi Hilden et al. (1997) painottavat, että vaihtoehtoja tulisi vertailla hankkeesta aiheutuvien vaikutusten merkittävyyden perusteella.

Mustajoki & Marttunen (2015) kuvaavat niitä haasteita, jotka liittyvät vaikutusten merkittävyyden arviointiin. Ensiksi, vaikutusten merkittävyyden arviointi on YVAn keskeinen, mutta myös ehkä vaikein tehtävä. Toiseksi, ei ole yksimielisyyttä siitä, mikä olisi paras tapa arvioida merkittävyyttä. Kolmanneksi, merkittävyyden arviointiin liittyy aina subjektiivisuutta ja tulokinnanvaraisuutta. Lisäksi viestintä merkittävyyden arvioinnista on vaikeaa hankalan terminologian vuoksi, ja YVAssa tulisi keskittyä merkittävimpiin vaikutuksiin, jotka ovat kokonaisuuden kannalta oleellisia. Vaikutusten merkittävyyden arviointiin on käytetty hyvinkin erilaisia menetelmiä. Mustajoki et al. (2015) painottavat, että menetelmien kirjo vaihtelee puhtaista asiantuntija-arvioista aina numeerisiin menetelmiin. Järjestelmälliset arviointikehikot ovat viitekehyksiä, joiden avulla voidaan tunnistaa sekä vaikutuskohteen että hankkeen aiheuttaman muutoksen ominaispiirteet. Eräs järjestelmällinen lähestymistapa vaikutusten merkittävyyden arviointiin on ARVI-lähestymistapa.



Kuva 2.3: ARVI-lähestymistapa vaikutusten merkittävyyden arviointiin (IMPERIA-hanke, 2015)

IMPERIA-hankkeessa (IMPERIA-hanke, 2015) kehitetyssä ARVI-lähestymistavassa vaikutusten merkittävyyttä arvioidaan vaikutuskohteen herkkyyden ja hankkeesta aiheutuvan muutoksen suuruuden perusteella. Vaikutuskohteen herkkyys ja muutoksen suuruus jakautuvat osatekijöihin, joiden avulla muodostetaan arvio vaikutuksen merkittävyydestä (kuva 2.3). Esimerkiksi vaikutuskohteen herkkyyteen vaikuttavat kohteen alttius muutoksille, sen yh-

teiskunnallinen merkitys ja olemassa oleva lainsäädäntö. Kohteen herkkyyttä ja muutoksen suuruutta arvioidaan eri vaikutustyypeille valmisteltavien luokitteluasteikkojen perusteella. Näiden perusteella asiantuntija luokittelee vaikutuksen tiettyyn merkittävyyssluokkaan. (IMPERIA-hanke, 2015)

Lähestymistavalla tehtävää merkittävyyden arviointia tukemaan on kehitetty Excel-pohjainen ARVI-työkalu (Riekkinen, 2014). Työkalu tarjoaa projektipäällikölle keinon kerätä asiantuntijoiden merkittävyyssarviointit sähköisten lomakkeiden avulla ja koostaa tuloksista taulukoita ja kuvia, joita voidaan hyödyntää YVA-selostuksessa.

2.3.3 Preferenssimallin muodostaminen

Monitavoitearviointi käsittää useita hienostuneita menetelmiä, mutta menetelmien vertailut ovat osoittaneet, ettei ole olemassa yhtä ylivertaista, kaikkiin tilanteisiin sopivaa "supermetodia" (Guitouni & Martel, 1998). Siten ei ole mielekästä sanoa, että yksi menetelmä olisi itsessään toista parempi tai huonompi. Sopivuutta voidaan kuitenkin arvioida tilannekohtaisesti.

Sopivan menetelmän valitsemiseen on esitetty erilaisia lähestymistapoja. Tällaisia kehikkoja ovat esittäneet muun muassa Polatidis et al. (2006) sekä Guitouni & Martel (1998). Ensin mainittu tarkastelee yhtä sovellusaluetta. Siinä sopivuutta arvioidaan kriteeristöllä, joka perustuu tarkastellun ongelman asettamiin vaatimuksiin. Keskeinen ajatus on, että menetelmälle voidaan määritellä ala- ja tapauskohtaiset valintakriteerit. Jälkimmäinen tarkastelee menetelmän valintaa yleisellä tasolla. Siinä ei tarkastella mitään tiettyä sovellusta, vaan pyritään karakterisoimaan kullekin menetelmälle sopivat ongelmat. Työssä ei määritellä varsinaisia valintakriteerejä, vaan seitsemän yleistä ohjenuoraa. Ohjenuorien avulla arvioidaan, mitkä menetelmät voisivat olla kussakin tilanteessa soveltuvia. Kehikoiden välisistä eroista huolimatta käytetyt käsitteet ovat suurelta osin samoja. Menetelmien väliset erot koskettavat mallin tarvitsemia syötteitä, kriteerikohtaisten arvioiden yhdistämisessä käytettyjä sääntöjä ja mallin tuottamia tuloksia.

Menetelmät ovat jakautuneet koulukuntiin, jotka perustuvat erilaisiin periaatteisiin. Yleensä tunnistetaan ainakin kaksi pääkoulukuntaa: arvoon tai hyötyyn perustuvat menetelmät, ja toisaalta outranking-käsitteeseen perustuvat menetelmät. Arvoon perustuvat menetelmät rakentavat funktion, joka liittyy jokaiseen vaihtoehtoon reaaliarvoon. Vaihtoehtojen hyvyttä kuvaa arvofunktio V , joka liittyy esimerkiksi vaihtoehtoihin a ja b reaaliarvot $V(a)$ ja $V(b)$. Vaihtoehtojen paremmuus siis määräytyy lukujen $V(a)$ ja $V(b)$ perus-

teella. Arvoteorialla on vahva teoreettinen pohja, joka perustuu rationaalista päätöksentekoa kuvaaviin aksioomiin. (Eisenführ et al., 2010) Outranking-käsitteeseen perustuvat menetelmät vertaavat vaihtoehtoja pareittain. Outranking-relaatio $P(a, b)$ kertoo, onko vaihtoehto a preferoitu suhteessa vaihtoehtoon b . Relaatio myös kertoo mahdollisen preferenssin voimakkuudesta. (Brans et al., 1986). Outranking-metodeihin sisältyy mahdollisuus vaihtoehtojen vertailukelvottomuudesta. Arvoteoria ei sisällä tätä käsitettä, mutta vastaava ilmiö tulee esiin, jos preferenssejä kuvataan epätäydellisellä informaatiolla. Tällöin vaihtoehtojen paremmuusjärjestys voidaan määrätä vain osittain. (Eisenführ et al., 2010). Edellä mainittujen kahden koulukunnan lisäksi on olemassa myös muita menetelmiä. Monesti nämä niputetaan luokkaan "muut menetelmät", ja luokan sisältö vaihtelee tapauskohtaisesti. Tässä on kuitenkin nostettu YVA-menettelyssä yleinen erittelevä vertailu omaksi kokonaisuudekseen.

1. **Arvoon tai hyötyyn perustuvat menetelmät** kuvaavat vaihtoehtojen hyvyyttä indeksillä, joka yhdistää kriteerikohtaiset arviot. Joitakin yleisesti käytettyjä menetelmiä ovat monitavoitteinen arvopuuanalyysi (MAVT) (Keeney & Raiffa, 1976), analyttinen hierarkiaprozessi (AHP) (Saaty, 1980) sekä stokastinen hyväksyttävyyssanalyysi (SMAA) (Lahdelma et al., 1998).
2. **Outranking-käsitteeseen perustuvat menetelmät** rakentavat pareittaisia vertailuja kuvaavan outranking-relaation. Relaatio kertoo, voidaananko yhtä vaihtoehtoa pitää toista parempana. Yleisesti käytettyjä menetelmäperheitä ovat ELECTRE (Roy, 1991) ja PROMETHEE (Brans et al., 1986).
3. **Muut preferenssejä mallintavat menetelmät** kuvaavat preferenssejä tavalla, joka ei perustu arvoon, hyötyyn tai outranking-käsitteeseen. Tällaisen menetelmän käyttö ei välttämättä ole perusteltua, jos menetelmän sisältämä malli ei perustu hyvin määriteltyihin käsitteisiin.
4. **Erittelevät menetelmät** eivät kuvaa päätöksentekijän preferenssejä. Ne perustuvat yksinomaan loogiseen päättelyyn, ja ovat siten intersubjektiiivisia eli katsantokannasta riippumattomia. Yksi tällainen menetelmä on YVA-menettelyssä paljon käytetty erittelevä taulukkomuotoinen vertailu.

Tässä työssä keskitytään arvoteorian piiriin kuuluviin menetelmiin, erityisesti monitavoitteiseen arvopuuanalyysiin (MAVT) ja stokastiseen hyväksyttävyyssanalyysiin (SMAA). Nämä menetelmät kuvataan tarkemmin luvussa 3, mutta taulukkoon 2.1 on koottu joitakin keskeisiä ominaisuuksia.

Arvopuuanalyysin ja SMAAn erot koskettavat sekä mallin tarvitsemia syötteitä että mallin tuottamia tuloksia. Ensimmäinen menetelmiä erottava tekijä on painojen määrittäminen. Arvopuuanalyysi edellyttää päätöksentekijöiden näkemyksiä kuvaavien tärkeyspainojen määrittämistä. SMAA ei sisällä painojen määrittämistä, mutta tutkii mahdollisia painokombinaatioita painoavaruusanalyysillä. Toinen menetelmiä erottava tekijä on mittausarvoihin liittyvän epävarmuuden mallintaminen. SMAA mallintaa mittausarvot todennäköisyysjakaumina, mutta arvopuuanalyysi käyttää piste-estimaatteja. Syötteissä olevien erojen takia mallit myös tuottavat hyvin erityyppisiä tuloksia.

Taulukko 2.1: Menetelmien ominaisuuksia

	Arvopuuanalyysi	SMAA
Syötteet	Mittausarvot Arvofunktiot Kriteeripainot	Mittausarvot Arvofunktiot
Painojen tulkinta	Vaihtokauppoina	Vaihtokauppoina
Aggregointi	Täydellinen kompensointi Ei vertailukelvottomuutta	Täydellinen kompensointi Ei vertailukelvottomuutta
Tulokset	Kokonaishyvyysarvot Paremmuusjärjestys	Hyväksyttävyyssindeksit Keskeiset painovektorit Uskottavuussindeksit
Epävarmuudet		Jakaumat mittausarvoille Jakaumat painotuksille

Kriteerikohtaisten arvioiden aggregoinnista seuraa tietynasteista kompensointia. Siten parempi tulos yhdessä kriteerissä voi kompensoida suhteessa huonompaa tulosta toisessa kriteerissä. Menetelmästä riippuen kompensointi voi olla täydellistä tai osittaista. Kompensointi on täydellistä arvoon tai hyötyyn perustuvissa menetelmissä. Tällöin hyvä tulos yhdessä kriteerissä voi kompensoida huonomman tuloksen toisessa kriteerissä suhteellisen helposti. Kompensointi on osittaista outranking-käsitteeseen perustuvissa menetelmissä. Tällöin kompensointia tapahtuu, mutta sen määrä on vähäisempää tai sitä on jollakin tavalla rajoitettu. Lisäksi on olemassa kokonaan ei-kompensoivia menetelmiä. Erittelevät menetelmät ovat ei-kompensoivia, koska kriteerejä ei verrata toisiinsa. Tällöin voidaan ajatella, että jokainen kriteeri on niin tärkeä, ettei suhteessa huonompaa tulosta ole mahdollista kompensoida. Päätöksentekijän tulisi ymmärtää kompensointi käsitteenä, ja antaa hyväk-

syntänsä kompensoivan menetelmän käytölle. (Guitouni & Martel, 1998)

Polatidis et al. (2006) arvioivat kompensointia kahden kysymyksen avulla: 1) missä määrin hankkeen kielteisiä ympäristövaikutuksia voidaan kompensoida sen taloudellisella kannattavuudella, ja 2) mitkä ekologiset raja-arvot ovat sellaisia, joita ei tulisi ylittää. Jos katsotaan, että kompensointia tulisi rajoittaa, yksi mahdollisuus on käyttää osittain kompensoivia menetelmiä. Outranking-menetelmissä myönteinen vaikutus voi kompensoida kielteistä vaikutusta, mutta vain mikäli tietyt reunaehdot täyttyvät. Nämä reunaehdot ovat kriteerikohtaisia kynnyksisarvoja, eli eräänlaisia maksimiarvoja sille, mikä on hyväksyttävää. Kynnyksisarvojen ylittyessä vaihtoehto ei ole enää vertailukelpoinen. Toisaalta voidaan käyttää menetelmiä, jotka eivät aseta kompensoinnille mitään rajoituksia. Tällöin ekologisista raja-arvoja saatetaan tarkastella jollakin muulla keinolla. Arvopuuanalyysissä lähtökohta on kompensoiva. Siinä päätöksentekijä määrittää eri kriteerien välisiä vaihtokauppoja (trade-offeja). Päätöksentekijä siis määrittää, mistä hän on valmis luopumaan yhdessä kriteerissä saadakseen paremman tuloksen toisessa kriteerissä. Vaihtosuhdetta kuvataan kriteerien painokertoimilla. Painokertoimien määrittäminen ja vertailu on keskeinen osa arvopuuanalyysiä. Kompensointi on täydellistä myös stokastisessa hyväksyttävyyssanalyysissä, mutta tällöin päätöksentekijät eivät itse määritä kriteerien painokertoimia. Ääriesimerkki täydellisestä kompensoinnista on kustannus-hyötyanalyysi. Tällöin kaikille vaikutuksille määritetään rahallinen arvo.

Luku 3

Monikriteerimenetelmät

3.1 Erittelevät ja yhdistelevät menetelmät

Suomessa on tapana jakaa vertailumenetelmät eritteleviin ja yhdisteleviin menetelmiin, Söderbaumin esittämän jaottelun mukaan. Tämän jaottelun lähtökohta on, että *yhdistelevät menetelmät* aggregoivat erityyppiset vaikutukset yhdeksi yhteismitalliseksi luvuksi; *erittelevät menetelmät* esittävät erityyppiset vaikutukset erillisinä kokonaisuuksina. Kotimainen tutkimus YVA-menettelyyn soveltuvista vertailumenetelmistä on jakautunut kahteen leiriin. Ensimmäinen leiri korostaa vaikutusten erittelevää kuvausta Söderbaumin esittelemien tilanneanalyysin periaatteiden mukaan. Toinen leiri korostaa yhdisteleviä monikriteerimenetelmiä. (Turtiainen, 2000)

- **Erittelevä vertailu.** Erittelevä vertailu kuvaa vaihtoehdot ja niiden vaikutukset, mutta ei ota kantaa vaikutusten keskinäiseen tärkeyteen. Erittelevä vertailu on siten intersubjektiivista eli katsantokannasta riippumatonta. Vertailun ydin on yleensä erittelevä vertailutaulukko. Erittelevä vertailu ei sisällä vaikutusten painottamista.
- **Yhdistelevä vertailu.** Yhdistelevä vertailu arvioi vaihtoehtoja kokonaisuutena. Yhdistelevä vertailu määrittää kullekin vaikutukselle painokertoimen, joka kuvaa sen suhteellista tärkeyttä. Siten voidaan arvioida vaihtoehtojen keskinäistä paremmuutta. Yhdistelevää vertailua voidaan soveltaa esimerkiksi työryhmässä. Työryhmän edustajat voivat sopia yhteisistä painoista, tai määrittää henkilökohtaiset painot. Jos painoja määritetään eri näkökulmista, tulokset voidaan analysoida vertailemalla eri näkökulmia.

- **Erittelevä ja yhdistelevä vertailu.** Erittelevä ja yhdistelevä vertailu sisältää kaksi osaa: erittelevän vertailun ja yhdistelevän vertailun. Termiä käytetään tässä työssä, mutta se ei ole yleisessä käytössä. Tällä painotetaan sitä, että vaikutusten erittely esitetään huolella, samalla laajuudella kuin YVA-selostuksissa nykyisin.

Kotimaisen YVA-menettelyn kehittämisessä on painotettu erittelevää vertailua. Puhtaasti yhdistelevään vertailuun sen sijaan on suhtauduttu kriittisesti. Perusteena on ollut YVA-menettelyn osallistumista korostava luonne, sekä arvo- ja intressiristiriitojen avoin käsittely. On katsottu, että erittelevä vertailu mahdollistaa tämän yhdistelevää vertailua paremmin. (Turtiainen, 2000) Toisaalta yhdisteleviä menetelmiä tai niiden tarjoamia mahdollisuuksia ei välttämättä tunneta kovin hyvin. Yhdisteleviä menetelmiä voidaan soveltaa myös niin, että pystytään kuvaamaan arvostuserojen vaikutukset lopputulokseen.

Nykykäytäntö YVAssa on puhtaasti erittelevä vertailu, johon ei kuulu vaikutusten yhdistelyä. Vertailu esitetään yleensä taulukkona. Taulukon lisäksi esitetään yhteenveto vaikutuksista ja mahdollisesti jonkinlainen yhteenveto vaihtoehtojen eroista. (Turtiainen, 2000; Jantunen & Hokkanen, 2010) Kuvassa 5.1 nähdään esimerkki yhteentotaulukosta. Taulukossa eri vaihtoehdot ovat sarakkeina ja vaikutukset riveinä. Kunkin vaikutuksen merkittävyys on ilmaistu käyttämällä värejä, joiden asteikko on esitetty taulukon yläpuolella. Tässä tapauksessa vaikutuksen merkittävyys on lisäksi eritelty vaikutusalueittain (merkinnät V, H ja S).

Erittelevällä vertailulla on tiettyjä heikkouksia. Jantunen & Hokkanen (2010, s. 76) painottavat, että vaihtoehtojen vertailussa tulisi pyrkiä nykyistä enemmän vaihtoehtojen välisten erojen ja merkittävien vaikutusten osoittamiseen. Hankkeesta vastaavat eivät aina tuo riittävästi esille vaihtoehtojen välisiä vaikutuseroja, ja niiden keskinäistä vertailua. Turtiainen (2000, s. 46) näkee yleisenä ongelmana sen, että taulukoita ei auteta lukemaan. Yhteenvetotaulukon lukemista tulisi helpottaa ehdollisilla johtopäätöksillä esimerkiksi vaikutusten tai vaihtoehtojen suhteen. Toisaalta, jos johtopäätöksiä tehdään, niiden perustelut voivat olla riittämättömiä. Jalava et al. (2010) arvioivat, että heidän tarkastelemissaan hankkeissa johtopäätösten perustelut oli usein esitetty huonosti. Turtiainen (2000, s. 49) nostaa esiin yhteysviranomaisen kannanotot ympäristön kannalta parhaasta vaihtoehdosta. Yhteysviranomaisen esitti oman näkemyksensä ympäristön kannalta parhaasta vaihtoehdosta viidesosassa hankkeista, mutta Turtiainen piti valintojen perusteluja riittämättöminä. Yhteysviranomaiset eivät esimerkiksi esittäneet, miten he olivat painottaneet eri vaikutuksia.

3.2 Arvopuuanalyysi

Arvopuuanalyysistä voidaan käyttää myös tarkempaa nimeä *moniattribuuttinen* tai *monitavoitteinen arvoteoria* (Multi-Attribute Value Theory, MAVT) (Keeney & Raiffa, 1976). Tässä työssä käytetään kuitenkin nimitystä arvopuuanalyysi tai pidempää muotoa monitavoitteinen arvopuuanalyysi.

Arvopuuanalyysissä päätöstilannetta kuvataan päätösvaihtoehtoilla x ja kriteereillä i . Jokainen päätösvaihtoehto on vektori muotoa $x = (x_1, \dots, x_n)$, missä x_i on vaihtoehdon x taso kriteerin i suhteen. Tässä oletetaan, että päätöksentekijällä on arvofunktio jokaisen kriteerin suhteen. Arvofunktiot v_i normalisoidaan välille $[0, 1]$ siten, että kriteerin huonoin taso x_i^0 saa pistearvon 0 ja kriteerin paras taso x_i^* saa pistearvon 1. Additiivisessa preferenssimallissa vaihtoehdon x hyvyyttä kuvaava kokonaisarvo saadaan kaavasta

$$V(x) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_i), \quad \text{missä } w_i > 0 \quad \text{ja} \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1. \quad (3.1)$$

Additiivinen malli kuvaa sen periaatteen, että tietty yhdessä kriteerissä saavutettu parannus lisää kokonaisarvoa aina saman verran, toisista kriteeritasoista riippumatta. Additiivisen mallin käyttö on perusteltua, jos mallin sisältämät kriteerit ovat keskenään preferenssiriippumattomia. Preferenssiriippumattomuus edellyttää, että vaihtoehdon x saama pistearvo yhden kriteerin suhteen ei vaikuta minkään toisen kriteerin pistearvoon. (Keeney & Raiffa, 1976) Additiivinen preferenssimalli on yksinkertaisimpia tapoja mallintaa monitavoitteinen päätösongelma. On olemassa myös monimutkaisempia malleja, joissa kriteerien väliset vuorovaikutukset voidaan ottaa huomioon. Tällaisia ovat esimerkiksi multiplikatiivinen ja multilineaarinen malli, joissa päätöksentekijä painottaa kriteerien välisiä yhteisvaikutuksia. Näiden käyttö on kuitenkin huomattavasti monimutkaisempaa ja työläämpää, ja siten myös selvästi vähäisempää. (Marttunen et al., 2008)

Additiivisessa mallissa kriteeripaino kuvaa kokonaisarvon muutosta silloin, kun kriteeri nostetaan sen huonoimmalta tasolta parhaalle tasolle. Additiivisessa mallissa painot ovat skaalaustekijöitä, jotka kytkevät kunkin attribuutin määrittelyalueen kokonaisarvofunktioon. Ainoastaan painojen suhteilla on merkitystä. Normeerauksen ansiosta voidaan kuitenkin puhua yksikäsitteistä painoista. (Eisenführ et al., 2010) Painojen määrittämiseen on erilaisia tekniikoita. Tässä kuvataan paljon käytetty SWING-painotustekniikka (von Winterfeldt & Edwards, 1986). Tekniikasta on myös laajennettu versio (Mustajoki et al., 2005), joka huomioi painotuksiin liittyvän epävarmuuden.

SWING-painotus (von Winterfeldt & Edwards, 1986) vertailee attribuuttien täysiä heilahduksia huonoimmalta tasolta parhaimmalle tasolle. Tekniikka ei edellytä arvofunktioiden määrittämistä, koska tarkastelu koskee vain attribuutin huonointa ja parasta tasoa. Lähtötilanne on kuvitteellinen vaihtoehto, jossa kaikki attribuutit on asetettu huonoimmalle tasolleen. Ensimmäisessä vaiheessa päätöksentekijältä kysytään, missä järjestyksessä hän mieluiten nostaisi attribuutit huonoimmalta tasolta parhaimmalle tasolleen. Toisessa vaiheessa päätöksentekijä arvioi edellä kuvattujen täysien heilahduksien vaikutusta kokonaisarvoon. Arvokkaimmalle heilahdukselle annetaan pistearvo 100. Lopuille heilahduksille annetaan pistearvot väliltä 0-100 siten, että ne kuvaavat heilahduksen tuomaa kokonaisarvon kasvua suhteessa arvokkaimpaan heilahdukseen. Pistearvot annetaan siten, että ne noudattavat ensimmäisessä vaiheessa määritettyä attribuuttien tärkeysjärjestystä. Tekniikka arvioi attribuuttien tärkeyttä vain suhteessa tärkeimpään attribuuttiin. Painojen johdonmukaisuus voidaan tarkistaa vertaamalla muiden kuin tärkeimmän attribuutin painojen suhdetta niiden keskinäiseen tärkeyteen. Lopuksi pistearvot normalisoidaan jakamalla niiden summalla, jolloin normalisoitujen painojen summaksi tulee 1. Normalisointi ei vaikuta painojen suhteisiin, eikä sillä siten ei ole vaikutusta painojen tulkintaan.

Kysymyksenasettelussa käytetty pisteytysskaala voi olla muukin kuin (0, 100]. SMART(S)-tekniikassa (Edwards & Barron, 1994) attribuutteja verrataan vuorotellen vähiten tärkeään attribuuttiin, joka saa pistearvon 10. Muille attribuuteille annetaan kymmentä suurempia pisteitä. Eri tekniikat kuitenkin tuottavat toisistaan poikkeavia painoja eri kriteereille. Pöyhösen (1998) mukaan tämä johtuu pääosin siitä, että ihmisillä on taipumus muodostaa painoja säätämällä annettua alkuarvoa. SMART-tekniikalla annetut painot voivat olla, esimerkiksi, 10, 20, 40 ja 70, ja SWING-tekniikalla annetut painot, esimerkiksi, 70, 80, 90 ja 100. Pöyhösen mukaan päätöksentekijöillä voi olla taipumus antaa painoja, jotka kuvaavat vain attribuuttien tärkeysjärjestystä.

Painojen määrittämisessä on muitakin tunnettuja ongelmakohtia, jotka voivat vaikuttaa tulosten oikeellisuuteen, ellei niitä oteta huomioon. Painot ovat tärkeässä roolissa vaihtoehtojen kokonaisarvon määrittämisessä, joten suuremmat virheet painoissa voivat vaikuttaa tuloksista tehtäviin päätelmiin. Virheet voivat olla satunnaisvaihtelusta johtuvia tai systemaattisia. Systemaattiset virheet voidaan jakaa kysymyksenasettelua koskeviin ongelmiin, ja psykologisiin harhoihin, jotka liittyvät rajoituksiin ihmisen kyvyssä vastata preferenssejä koskeviin kysymyksiin. Psykologisia harhoja on pystytty tunnistamaan ja kuvaamaan kontrolloiduissa olosuhteissa. Empiirisesti on havaittu, että tietyillä periaatteissa merkityksettömillä variaatioilla voi olla

systemaattinen vaikutus kriteerien saamiin painoihin. (Keeney, 2002)

Weber ja Borcharding (1993) kuvaavat katsauksessaan painojen määrittämiseen liittyviä harhoja. Erityisen keskeisiä ovat kriteerien jakoharha (englanniksi *splitting bias*) ja vaihteluväli-ilmiö (englanniksi *range bias*). Kriteerien jakoharha tarkoittaa, että kriteerin jakaminen osatekijöihin on taipuvainen kasvattamaan sen kokonaispainoa (Weber et al., 1988; Borcharding & von Winterfeldt, 1988). Osatekijöiden yhdistelmä vastaa alkuperäistä jakamatonta kriteeriä, mutta niiden kokonaispaino voi olla alkuperäistä suurempi. Weber et al. (1988) painottavat, että tämä voi avata oven tarkoitukselliselle tulosten manipuloinnille. Toisaalta Pöyhönen et al. (2001) havaitsivat, että yksilötasolla muutoksen suunta voi itse asiassa riippua koehenkilöstä ja arvopuun rakenteesta. Siten jakaminen voisi kasvattaa tai vähentää yhteenlaskettua painoa. Vaihteluväli-ilmiö tarkoittaa, että päätöksentekijät eivät ota riittävästi huomioon kriteerin vaihteluväliä (Fischer, 1995). Sen sijaan kriteerejä painotetaan niiden yleisen tärkeyden mukaan. Jos vaihteluväli muuttuu, tätä ei osata ottaa huomioon kriteerin painossa. Lisäksi kriteerien hierarkkinen painotus voi tuottaa jyrkemmät painot kuin ei-hierarkkinen painotus samassa arvopuussa (Stillwell et al., 1987). Toisin sanoen hierarkkinen painotus tuottaa sellaiset painot, jotka ovat etäämpänä toisistaan.

Marttunen et al. (2015) esittävät viisi vaihtoehtoa preferenssi-informaation keräämiseen: puhdas asiantuntija-arvio, asiantuntijoiden kehittämät arvostusprofiilit, sidosryhmille suunnattu postikysely, sidosryhmille suunnattu työpaja tai henkilökohtaiset haastattelut.

3.3 Stokastinen hyväksyttävyyssanalyysi

Stokastinen hyväksyttävyyssanalyysi (Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis, SMAA) (Lahdelma et al., 1998; Lahdelma & Salminen, 2001), josta käytetään myös nimeä *stokastinen monikriteerinen arvostusanalyysi*, on päätöksenteon tukimenetelmä usean päätöksentekijän ongelmiin. Toisin kuin arvopuuanalyysi SMAA ei edellytä tietoa päätöksentekijöiden preferensseistä. SMAA on käänteismenetelmä, joka tutkii mahdollisten painovektoreiden avaruutta. Menetelmä ei pyri tunnistamaan päätöksentekijöiden erilaisia preferenssejä, ja niistä seuraavia vaihtoehtojen paremmuusjärjestyksiä. Sen sijaan menetelmä tunnistaa ne painokombinaatiot, jotka ovat kullekin vaihtoehdolle suotuisia. SMAA-menetelmien perhe on laajentunut käsittämään useita erilaisia menetelmiä (Tervonen & Figueira, 2008). Tässä käsitellään menetelmiä SMAA ja SMAA-2, jotka muodostavat perustan koko menetelmäperheelle.

Stokastisessa hyväksyttävyyssanalyysissä päätöstilannetta kuvataan päätös-vaihtoehtoilla x_i ja kriteereillä j . Stokastisessa hyväksyttävyyssanalyysissä kriteerien arvot voivat olla epävarmoja tai epätarkasti mitattuja. Kriteeritasoja kuvataan satunnaismuuttujilla ξ_{ij} , joiden yhteisjakaumalla on tiheysfunktio $f(\xi)$ avaruudessa X . Riippumattomien satunnaismuuttujien tapauksessa tiheysfunktio voidaan kirjoittaa tulona. Päätöksentekijöiden tuntemattomia tai osittain tunnettuja preferenssejä kuvataan painojakaumalla, jonka tiheysfunktio on $f(w)$ avaruudessa W . Jos painoista ei ole lainkaan tietoa, tämä kuvataan tasajakaumalla. Yhdistämällä kaksi edellistä saadaan

$$f(\xi) = \prod_{i,j} f_{ij}(\xi_{ij}) \quad \text{ja} \quad f(w) = 1/\text{vol}(W) \quad (3.2)$$

Tämä pätee siinä tapauksessa, että kriteerimuuttujat ovat riippumattomia ja painoja kuvataan tasajakaumalla joukossa W . Painojen oletetaan olevan ei-negatiivisia ja normalisoituja. Käypien painojen joukko on siten

$$W = \left\{ w \in R^n : w \geq 0 \text{ ja } \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right\} \quad (3.3)$$

Päätöksentekijän preferenssejä kuvataan yksilöllisellä painovektorilla w ja yhteisesti sovitulla reaaliarvoisella hyötyfunktioilla $u(\xi_i, w)$. Hyötyfunktion muotoa ei ole rajoitettu, mutta yleisesti käytetään additiivista muotoa

$$u(\xi_i, w) = \sum_{j=1}^n w_j u_j(\xi_{ij}), \quad w \in W \quad (3.4)$$

Suotuisten painotusten joukko (englanniksi *favorable weights*) $W_i(\xi)$ määritellään jokaiselle vaihtoehdolle. Millä tahansa painoyhdistelmällä $w \in W_i(\xi)$ vaihtoehdon x_i kokonaishyöty on suurempi tai yhtä suuri kuin millä tahansa muulla vaihtoehdolla.

$$W_i(\xi) = \{w \in W : u(\xi_i, w) \geq u(\xi_k, w), \forall k = 1, \dots, m\}. \quad (3.5)$$

Hyväksyttävyyssindeksi (englanniksi *acceptability index*) a_i määritellään suotuisten painotusten joukon tilavuuden odotusarvona. Hyväksyttävyyssindeksi kuvaa sellaisten painotusten osuutta, millä tarkasteltua vaihtoehtoa pidetään parhaimpana. Hyväksyttävyyssindeksi lasketaan moniulotteisena integraalina kriteerijakaumien ξ ja suotuisten painotusten joukon yli

$$a_i = \int_X f(\xi) \int_{W_i(\xi)} f(w) dw d\xi \quad (3.6)$$

Keskeinen painovektori (englanniksi *central weight vector*) w_i^c määritellään suotuisten painotusten joukon painopisteen odotusarvona. Painopiste lasketaan painovektorin integraalina kriteeri- ja painojakaumien yli

$$w_i^c = \frac{1}{a_i} \int_X f(\xi) \int_{W_i(\xi)} f(w) w dw d\xi \quad (3.7)$$

Uskottavuusindeksi (englanniksi *confidence factor*) p_i^c määritellään todennäköisyytenä, että vaihtoehtoa pidetään parhaimpana, kun arvostuksia kuvataan keskeisellä painovektorilla. Uskottavuusindeksi lasketaan integraalina kriteerijakaumien yli

$$p_i^c = \int_{\xi: u(\xi_i, w_i^c) \geq u(\xi_k, w_i^c)} f(\xi) d\xi \quad (3.8)$$

Sijan r suotuisten painotusten joukko (englanniksi *favorable rank weights*) $W_i^r(\xi)$ määritellään vastaavalla tavalla kuin suotuisten painojen joukko, mutta kaikille mahdollisille sijaluvuille. Määritelmä kirjoitetaan rank-funktion avulla siten, että

$$\text{rank}(\xi_i, w) = 1 + \sum_k \rho(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w)) \quad \text{ja} \quad (3.9)$$

$$W_i^r(\xi) = \{w \in W : \text{rank}(\xi_i, w) = r\} \quad (3.10)$$

Sijan r hyväksyttävyyssindeksi (englanniksi *rank acceptability index*) b_i^r määritellään vastaavalla tavalla kuin hyväksyttävyyssindeksi, mutta kaikille mahdollisille sijaluvuille. Sijan r hyväksyttävyyssindeksi kuvaa sellaisten painotusten osuutta, millä tarkasteltu vaihtoehto saa sijaluvun r

$$b_i^r = \int_X f(\xi) \int_{W_i^r(\xi)} f(w) dw d\xi \quad (3.11)$$

Holistinen hyväksyttävyyssindeksi (englanniksi *holistic acceptability index*) a_i^h

$$a_i^h = \sum_{r=1}^m \alpha^r b_i^r, \quad \text{missä} \quad \alpha^r = \sum_{k=r}^m \frac{1}{k} / \sum_{k=1}^m \frac{1}{k} \quad (3.12)$$

SMAA-menetelmien vaatimat moniulotteiset integraalit on yleensä laskettava numeerisesti, koska jakaumat $f(\xi)$ ja $f(w)$ riippuvat sovelluksesta ja voivat olla mielivaltaista muotoa. Diskretointiin perustuvat tekniikat soveltuvat tähän ongelmaan varsin huonosti, koska laskettavien integraalien dimensio on tyypillisesti varsin suuri (dimensionaalisuuden kirous). Paremmin soveltuva tekniikka on Monte Carlo -integrointi, jossa solmupisteet valitaan satunnaisesti. Tällöin tarvittavien iteraatioiden määrä ei juurikaan riipu ongelman dimensioista. (Tervonen & Lahdelma, 2007)

Tervonen & Lahdelma (2007) kuvaavat tehokkaan algoritmin SMAA-2-menetelmän laskentaan. Liitteessä A esitetään algoritmin toteutus tapauksessa, jossa painoja koskevaa preferenssi-informaatiota ei ole käytettävissä. Algoritmi on toteutettu MATLAB- ja Octave-ohjelmistoille. Esimerkkinä esitetään Helsingin sataman tapaus. Algoritmin perusidea on laskea tulossuureet keskiarvoina riittävästä määrästä iteraatioita. Kriteeritasoille ja painotuksille käytetään sopivasti määriteltäviä tasajakaumia. Vaihtoehtojen paremmuusjärjestys kussakin iteraatiossa saadaan järjestämällä vaihtoehdot näytearvoilla lasketun kokonaishyödyn mukaiseen järjestykseen. Käytännössä tarvittavien iteraatioiden määrä on välillä 10^4 - 10^6 . Esimerkiksi yhden prosenttiyksikön virhemarginaali hyväksyttävyyssindekseille b_i^r saavutetaan, kun iteraatioiden määrä on 9604 (luottamustasolla 95 %). Tämä voidaan laskea nykyaikaisella pöytäkoneella muutamassa sekunnissa.

Luku 4

Tutkimuksen aineisto ja toteutus

Valitsin tutkimukseni aineistoksi kolme monitavoitearviointihanketta. Näistä kaksi on YVA-menettelyn mukaisia ympäristövaikutusten arviointeja, yksi on YVAn kaltainen monitavoitearviointihanke. Hankkeet ovat kotimaisia, koska YVA-menettelyä koskevat käytännöt ja lainsäädäntö vaihtelevat eri maiden välillä. Hankkeet on valittu siten, että niissä sovelletaan erityyppisiä monitavoitearvioinnin menetelmiä. Tarkastelen tässä työssä seuraavia hankkeita

1. Helen Oy: Biopolttoaineiden käytön lisääminen Helsingin energiantuotannossa (Helsingin Energian biopolttoaine-YVA)
2. Helsingin kaupunki: Helsingin satamahanke (Vuosaaren sataman YVA)
3. Oulun kaupunki: Oulun vedenhankinnan monitavoitearviointi

Helsingin Energian tapaus edustaa perinteistä YVA-hanketta, jossa vaihtoehtojen vertailu on muodoltaan erittelevää ja taulukkomuotoista. Hankkeessa osallistettiin muun muassa paikallisia asukkaita monin eri tavoin. Helsingin satamahanke oli Suomen suurimpia yhdyskuntarakentamisen hankkeita (Heikkonen, 2008). Hankkeessa sovellettiin ensimmäistä kertaa vaihtoehtojen vertailuun kehitettyä SMAA-menetelmää (Hokkanen et al., 1999). Oulun kaupungin tapaus kuvaa, miten arvopuuanalyysiä voidaan soveltaa kunnallisessa päätöksenteossa. Hankkeessa osallistettiin sekä kaupungin päättäjiä että sidosryhmiä ja asiantuntijoita. Oulun tapaus ei ole YVA, mutta sitä voidaan pitää YVAn kaltaisena. Oulun tapaus oli myös IMPERIA-hankkeen (2015) pilottihanke.

Tutkituista hankkeista tarkastelin sekä niistä julkistettuja raportteja että mahdollista tieteellistä artikkelia. Nämä analysoin käyttäen teoriaohjaavaa sisällönanalyysiä.

4.1 Analyysikehikko

Seuraavassa on esitetty analyysikehikko tutkituille hankkeille:

1. Yhteistyöryhmä ja osallistumisen järjestäminen
 - 1.1. Onko osallistumista varten perustettu yhteistyöryhmä?
 - 1.2. Mitä tehtäviä mahdollisella ryhmällä oli? Tapaamisten lkm?
 - 1.3. Mitkä tahot osallistuivat yhteistyöryhmän toimintaan?
 - 1.4. Millaista laajempaa osallistumista hankkeessa on järjestetty?
2. Kriteerit ja vaihtoehdot
 - 2.1. Onko pyritty tunnistamaan sidosryhmien tavoitteita? Miten?
 - 2.2. Onko vaihtoehtojen kehittämisessä hyödynnetty osallistumista?
 - 2.3. Mikä on vertailtavien vaikutusten lukumäärä?
 - 2.4. Mikä on vertailtavien vaihtoehtojen lukumäärä?
3. Menetelmän valinta
 - 3.1. Mitä menetelmää vaihtoehtojen vertailussa käytetään?
 - 3.2. Miten menetelmän valinta perustellaan?
 - 3.3. Ovatko osallistujat vaikuttaneet menetelmän valintaan?
 - 3.4. Onko yhteysviranomainen ottanut kantaa menetelmän valintaan?
4. Menetelmän tarvitsemat syötteet
 - 4.1. Miten menetelmä kuvaa mallinnettavia kriteerejä?
 - 4.2. Vertaillaanko vaihtoehtoja merkittävyyden perusteella?
 - 4.3. Liittyykö kriteerien arvoihin epävarmuutta?
 - 4.4. Miten menetelmä kuvaa osallistujien preferenssejä?
 - 4.5. Miten mahdollinen preferenssi-informaatio on kerätty?
5. Tulokset ja johtopäätökset
 - 5.1. Minkä tyyppisiä tuloksia menetelmä tuottaa?
 - 5.2. Millaisia tuloksia on saatu tarkasteltavassa hankkeessa?
 - 5.3. Millaisia johtopäätöksiä tulosten pohjalta esitetään?
 - 5.4. Ovatko osallistujat vaikuttaneet johtopäätösten laadintaan?
 - 5.5. Onko yhteysviranomainen ottanut kantaa vertailun toteutukseen?

4.2 Tarkastellut monitavoitearviointihankkeet

4.2.1 Helsingin Energian biopolttoaine-YVA

Helsingin Energia (Helen Oy) on suunnitellut kivihiilen osittaista korvaamista biopolttoaineilla energiantuotannossaan. Tavoitteena on ollut vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosentilla vuoden 1990 tasosta ja nostaa uusiutuvan energian osuus 20 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. (Ramboll, 2014)

Biopolttoaineiden käytön lisääminen Helsingin energiantuotannossa oli YVA-hanke, jossa selvitettiin vaihtoehtojen ympäristövaikutukset päätöksentekoa varten. Vaihtoehtoina tutkittiin uuden monipolttoainevoimalaitoksen rakentamista Vuosaareen tai biopolttoaineosuuden lisäämistä Hanasaaren ja Salmisaaren nykyisissä voimalaitoksissa. Uudessa voimalaitoksessa biopolttoaineiden suhteellinen osuus olisi suurempi ja hiilidioksidipäästöjen määrä siten pienempi. Asetettuun tavoitteeseen päästäisiin, mikäli biopolttoaineiden osuus uudessa voimalaitoksessa olisi vähintään 60 prosenttia tai vanhoissa voimalaitoksissa vähintään 40 prosenttia. Uuden voimalaitoksen rakentaminen mahdollistaisi myös Hanasaaren nykyisen voimalaitoksen sulkemiseen. Tämä vapauttaisi Hanasaaren eteläkärjen muuhun maankäyttöön. Arviointi valmistui helmikuussa 2014. (Ramboll, 2014)

4.2.2 Oulun vedenhankinnan monitavoitearviointi

Oulun kaupunki on suunnitellut varavesijärjestelmän rakentamista. Nykyisin kantakaupungin vedenhankinta perustuu yksinomaan Oulujoesta otettavaan raakaveteen. Kaupunki on kuitenkin velvollinen järjestämään vedenhankinnan kahdesta eri vesilähteestä. Tällä hetkellä Oulu kuuluu alhaiseen varmuusluokkaan III ainoana suurena kaupunkina Suomessa. Suunnittelu on kohdistunut erityisesti Viinivaaran pohjavesialueeseen - noin 50 kilometriä kaupungin keskustasta. Hanke on kuitenkin kiistanalainen Viinivaaran luontoarvojen vuoksi. Vedenhankinnan vaihtoehdot päätettiin selvittää uudestaan, kun Vaasan hallinto-oikeus ei myöntänyt lupaa Viinivaaran pohjavesialueen täysimittaiseen hyödyntämiseen.

Oulun yliopisto aloitti helmikuussa 2014 monitavoitearvioinnin, joka kokosi Oulun kaupungin päättäjiä ja sidosryhmiä arvioimaan erilaisia vaihtoehtoja. Arvioinnin keskiössä oli kaupungin päättäjistä koostuva päätöstukiryhmä

(yhteistyöryhmä). Tutkimusryhmä myös haastatteli asiantuntijoita ja edustajia kaupungilta, vesilaitokselta, ELY-keskukselta sekä naapurikunnista. Haastateltavien joukossa oli myös paikallisia asukkaita.

4.2.3 Vuosaaren sataman YVA

Helsingin kaupunki suunnitteli 80- ja 90-luvuilla tavarasatamatoimintojen siirtämistä silloisilta keskustaan rajautuvilta satama-alueilta. Satama-alueiden kehittämislinjat esitettiin vuonna 1992 kaupungin yleiskaavassa. Uuden YVA-lain tultua lainvoimaiseksi käynnistettiin Vuosaaren sataman ympäristövaikutusten arviointi syksyllä 1994. Tässä vaiheessa satamahankkeen suunnittelu oli jo varsin pitkällä. (Helsingin kaupunki, 1995)

YVA-menettelyssä selvitettiin suunnitellun Vuosaaren sataman, tarvittavien maaliikenneyhteyksien ja vaihtoehtoisten meriväylien ympäristövaikutukset. Vuosaari-vaihtoehtojen rinnalla selvitettiin toiminnan jatkamista entisillä satama-alueilla Länsisatamassa ja Sörnäisten satamassa. Satamahankkeen tarkoituksena oli mahdollistaa satamakapasiteetin kasvu ennakoitua kysyntää vastaavasti. Vuonna 1994 Suomen kaikkien satamien yhteenlaskettu tavaraliikenne oli 36 miljoonaa tonnia, josta noin 10 miljoonaa tonnia kuljetettiin Helsingin sataman kautta. Satamatoimintojen siirtäminen myös vapauttaisi laajoja maa-alueita asunto- ja toimistorakentamiselle. (Helsingin kaupunki, 1995)

Hankkeen valmistelijana toimi Helsingin Satama, joka vastasi tarvittavien suunnitelmien ja selvitysten tekemisestä. Hankkeesta vastaavana toimi Helsingin kaupunki, ja kaupunginvaltuusto teki päätöksen satamahankkeen toteuttamisesta. Maa- ja meriliikenneyhteyksien jatkosuunnittelu kuului vastaaville valtionviranomaisille. Ympäristövaikutusten arvioinnin tärkeimpänä tavoitteena oli kertoa sataman suunnittelijoille ja päättäjille, mitä ympäristövaikutuksia olisi hankkeen toteuttamisella tai toteuttamatta jättämisellä. Siten tavoitteena oli tuoda ympäristöasiat suunnitteluun ja päätöksentekoon yhdessä taloudellisten, teknisten ja sosiaalisten näkökohtien kanssa. (Helsingin kaupunki, 1995)

Luku 5

Tulokset

5.1 Tulokset tarkastelluista hankkeista

5.1.1 Helsingin Energian biopolttoaine-YVA

Yhteysviranomainen arvioi osallistumisjärjestelyt poikkeuksellisen laajoiksi. Hankkeella oli ohjaus- ja seurantaryhmät, joihin kutsuttiin asiantuntijoita ja sidosryhmien edustajia. Hankkeesta tehtiin myös asukaskysely ja sitä täydentävä ryhmähaastattelu. Viestintää tehtiin sekä verkossa että paikallislehdissä. Lisäksi järjestettiin kaikille avoimia yleisötilaisuuksia ja pienryhmissä sidosryhmätapaamisia. (Uudenmaan ELY-keskus, 2014, s. 19) Paikallisia asukkaita lähestyttiin myös sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa. Osallistujilta kysyttiin muun muassa suhtautumista arvioituihin vaikutuksiin, ja heitä pyydettiin äänestämään parasta vaihtoehtoa. (Ramboll, 2014)

Vaihtoehtojen muodostamisesta vastasi hankevastaava oman vaihtoehtotarkastelunsa perusteella. Vaihtoehtojen muodostamista ohjasivat hankkeelle asetetut ilmastopoliittiset tavoitteet. Hankkeessa tarkasteltiin kahta päävaihtoehtoa: uuden voimalaitoksen rakentamista (VE1) tai nykyisten laitosten päivittämistä (VE2). Lisäksi tarkasteltiin hankkeen toteuttamatta jättämistä (VE0+). Hankkeen keskeiset vaikutukset tunnistettiin asiantuntijavetoisesti konsultin toimesta. Ohjaus- ja seurantaryhmillä oli lisäksi mahdollisuus kommentoida ohjelmaluonnosta ja esittää kehitysehdotuksia. Ohjelmassa todetaan, että seurantaryhmä toimi vuorovaikutuskanavana sidosryhmien ja arvioinnin välillä (Ramboll, 2013, s. 114).

Arviointiselostuksessa esitetty vaihtoehtojen vertailu on muodoltaan erittele-

vää taulukkomuotoista vertailua (kuva 5.1). Tämä on YVA-hankkeissa yleisesti käytetty vertailumenetelmä. Arviointiselostuksessa ei kommentoida vertailun toteutusta, mutta tätä kuvaillaan arviointiohjelmassa. Ohjelmassa todetaan, että vaihtoehtoja vertaillaan niiden merkittävyyteen perustuen. Lisäksi todetaan, että eri vaikutuksia vertaillaan kuvailevan ja määrällisen vertailutaulukon avulla. (Ramboll, 2013, s. 109)

Yhteysviranomainen arvioi vaihtoehtojen vertailun olevan selkeää ja havainnollista (Uudenmaan ELY-keskus, 2014, s. 13). Lukija pystyy siis muodostaman selkeän kuvan kunkin vaihtoehdon eduista ja haitoista kunkin kriteerin suhteen. Havainnollistuksessa on hyödynnetty yhteenvetotaulukkoa, jossa on esitetty kunkin vaikutuksen merkittävyys. Vaikutukset on esitetty taulukossa erikseen rakennus- ja toiminta-ajalle, sekä erikseen kunkin voimalan vaikutusalueelle. Merkittävyyden perustelut on esitetty osana vaikutusten kuvauksia.

Vaihtoehtojen vertailussa esitetään ehdollisia johtopäätöksiä. Johtopäätösten avulla autetaan lukijaa tulkitsemaan selostuksessa esitettyä yhteenvetotaulukkoa. Vertailussa esitetään seuraavat johtopäätökset: 1) Ilmaston kannalta paras ratkaisu on sellainen, missä biopolttoaineen osuus on mahdollisimman suuri. 2) Uuden suuren voimalaitoksen rakentaminen aiheuttaisi ympäristövaikutuksia rakentamiskohteessa ja sen lähialueella. 3) Hanasaaren voimalan sulkeminen vapauttaisi alueita muuhun maankäyttöön, mikä näkyy Hanasaaren kohdistuvina myönteisinä vaikutuksina. (Ramboll, 2014, s. 511)

V = Vuosaarella

H = Hanasaarella

S = Salmisaarella

A1 = Kivihiilivarasto Satamatien länsipuolella, junien ja autojen purku junaradan koillispuolelle

A2 = Kivihiilivarasto Satamatien länsipuolella, vain junien purku junaradan koillispuolella

B = Kivihiilivarasto junaradan koillispuolella

100B = 100 % bio

80B = 80 % bio

100K = 100 % kivihiili

Vaikutuksen merkittävyyden asteikko

Suuri kielteinen	Kohtalainen kielteinen	Vähäinen kielteinen	Ei merkittäviä muutoksia	Vähäinen myönteinen	Kohtalainen myönteinen	Suuri myönteinen
------------------	------------------------	---------------------	--------------------------	---------------------	------------------------	------------------

		VE1			VE2			VE0+		
GLOBAALIT VAIKUTUKSET		100B	80B	100K						
Ilmasto	toiminta									
PAIKALLISET VAIKUTUKSET										
Ilmanlaatu	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Pintavedet	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Kalasto	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Sedimentti	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Maa- ja kallioperä	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Pohjavesi	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Kasvillisuus ja eläimistö	rakentaminen	A1	A2	B	V	H	S	V	H	S
	toiminta	A1	A2	B	V	H	S	V	H	S
Luonnonsuojelualueet	rakentaminen	A1	A2	B	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Maankäyttö	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Maisema ja kulttuuriperintö	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Liikenne	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Melu	rakentaminen	A1	A2	B	V	H	S	V	H	S
	toiminta	A1	A2	B	V	H	S	V	H	S
Sosiaaliset vaikutukset	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Elinkeinoelämä	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S
Riskit	rakentaminen	V	H	S	V	H	S	V	H	S
	toiminta	V	H	S	V	H	S	V	H	S

Kuva 5.1: Yhteenvetotaulukko, joka esittää tarkasteltujen vaikutusten merkittävyydet vaihtoehtojen Helerin tapauksessa (Ramboll, 2014, s. 510)

5.1.2 Oulun vedenhankinnan monitavoitearviointi

Hankkeessa perustettiin yhteistyöryhmä, josta käytettiin nimitystä päätöstukiryhmä. Päätöstukiryhmällä oli monitavoitearvioinnissa keskeinen rooli. Se hyväksyi arvioinnissa käytetyn kriteeristön, päätti vaihtoehtojen rajauksesta ja antoi vaihtoehtojen vertailussa käytetyn preferenssi-informaation. Ryhmä koostui Oulun kaupungin päättäjistä ($n = 14$). Ryhmän kokouksiin osallistui myös joukko asiantuntijoita, ja se kokoontui yhteensä 3 kertaa. Päätöstukiryhmän toiminnan lisäksi järjestettiin laajempaa osallistumista. Sidosryhmien ja asiantuntijoiden haastattelut olivat keskeisiä tavoitteiden tunnistamisessa ja vaikutusten arvioinnissa. Lisäksi järjestettiin yleisötilaisuuksia, valtuustoryhmien tapaamisia ja maastokäyntejä. Hanke ei ole YVA-menettelyn mukainen arviointi, eikä hankkeessa ole valvovaa viranomaista.

Hankkeessa pyrittiin tunnistamaan eri osapuolille tärkeät tavoitteet. Tavoitteet selvitettiin sidosryhmien ja asiantuntijoiden haastatteluilla sekä eri valtuustoryhmille suunnatulla internet-kyselyllä. Haastatteluja tehtiin hankkeen aikana yli 50 kpl, mutta kaikki eivät liittyneet tavoitteiden tunnistamiseen. Loppuvaiheessa haastattelut painottuivat vaikutusten arviointia tukeviin yksityiskohtaisiin asiantuntijahaastatteluihin. Lisäksi internet-kyselyyn saatiin 48 vastausta eri valtuustoryhmien edustajilta. Haastattelujen ja kyselyn perusteella tunnistettiin 6 perimmäistä tavoitetta. Tavoitteille muodostettiin sen jälkeen arviointikriteerit asiantuntijatyönä. Lopulliset kriteerit jaettiin neljään tekijään: turvallisuus, maankäyttö ja sosiaaliset vaikutukset, luontovaikutukset sekä talous. Päätöstukiryhmä hyväksyi kriteeristön ensimmäisessä tapaamisessaan.

Mahdolliset vaihtoehdot selvitettiin etukäteen erillisenä selvityksenä. Erilliselvityksessä (Pöyry, 2013) kartoitettiin kaikki potentiaaliset vedenhankinnan vaihtoehdot 80-100 km säteellä kanta-Oulun alueelta. Tässä yhteydessä arvioitiin erityisesti vaihtoehtojen teknis-taloudellista toteuttamiskelpoisuutta. Selvityksen pohjalta valittiin 7 vaihtoehtoa vaihtoehtotarkasteluun. Varsinainen vaihtoehtojen karsinta suoritettiin äänestämällä päätöstukiryhmän ensimmäisessä kokouksessa. Lopullisina vaihtoehtoina päätettiin tarkastella kolmea pohjavesivaihtoehtoa (Viinivaara, Yli-Ii ja Oulun lähialueet) sekä yhtä pintavesivaihtoehtoa (Iijoki). Vaihtoehtoja muokattiin rajaamalla vedenottoa. Siten vaihtoehtoja verrattiin samalla vedenottomäärällä 11 000 m³/vrk, mikä on varavesijärjestelmän minimivaatimus.

Käytetyssä aineistossa ei käsitellä menetelmän valintaa. Raportissa perustellaan monitavoitearvioinnin käyttö yleisellä tasolla, mutta ei perustella valintaa saatavilla olevien monitavoitearvioinnin menetelmien välillä. Siten vai-

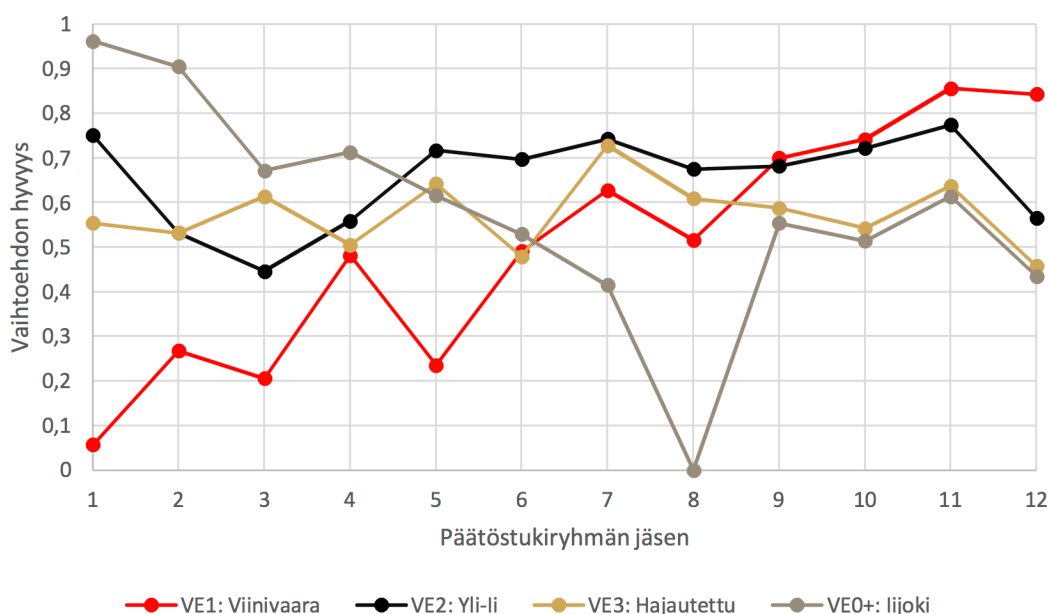
kuttaa todennäköiseltä, että analyttikot ovat valinneet menetelmän itsenäisesti oman harkintansa perusteella. Joka tapauksessa käytetty menetelmä perustuu monitavoitteiseen arvopuuanalyysiin (MAVT). Loppuraportissa mainitaan lähteinä strukturoitu päätöksenteko (Gregory et al., 2012) ja vuorovaikutteinen monitavoitearviointi (Marttunen et al., 2008). Hankkeesta ei ole tehty yhteysviranomaisen arviointia, koska kyseessä ei ole YVA-hanke.

Tavoitteet pisteytetään kahdessa osassa. Ensin asiantuntijaryhmä arvioi vaihtoehdot sovittujen arviointikriteerien suhteen. Kullekin kriteerille arvioitiin vaikutuksen merkittävyys ARVI-työkalulla. Sen jälkeen päätöstukiryhmän jäsenet laativat kullekin tavoitteelle (ylemmän tason kriteerille) kokonaisarvion. Asiantuntijat muodostivat joillekin tavoitteille alustavan kokonaisarvion, josta päättäjät saattoivat poiketa. Kullekin tavoitteelle siis muodostettiin osittain subjektiivinen kokonaisarvio. Vaihtoehtojen vertailussa on neljä tavoitetta, joita vastaava attribuutti on vaikutuksen merkittävyys. Käytetysissä mallissa kriteerien arvoihin ei liity epävarmuutta.

Preferenssejä kuvataan osallistujakohtaisilla tavoitepainoilla. Kukin päätöstukiryhmän jäsen siis antaa oman näkemyksensä tavoitteiden painotuksestaan. Lisäksi jäsenet antavat oman näkemyksensä vaihtoehtojen toteutettavuudesta, ja asettavat vaihtoehdot paremmuusjärjestykseen. Arvofunktioita ei määritetä, sillä niiden oletetaan olevan lineaarista muotoa. Edellä mainittu preferenssi-informaatio kerättiin päätöstukiryhmän toisessa tapaamisessa. Päätöstukiryhmän jäsenet arvioivat vaihtoehtoja analyttikoiden kokoamalla kysymyslomakkeella. Lomakkeen sai palauttaa tapaamisen aikana tai jälkikäteen postitse. Aluksi päätöksentekijät pisteyttivät vaihtoehdot jokaisen tavoitteen suhteen. Näitä pisteitä käytettiin preferenssimallissa. Kysymyksenasettelussa pyydettiin arvioimaan vaikutuksen merkittävyyttä suhteessa 0+-vaihtoehtoon. Tätä varten lomakkeella esitettiin tiedot tavoitteen arviointikriteereistä taulukkomuodossa. Vaihtoehtojen arvioimisen jälkeen kerättiin tavoitteita koskeva preferenssi-informaatio. Mallin tarvitsemat kriteeripainot määritettiin SWING-menetelmällä. Painot määritettiin pisteyttämällä kussakin tavoitteessa suurimman ja pienimmän vaikutuksen välinen ero. Tälle heilahdukselle annettiin arvo väliltä 0-100 siten, että merkittävin heilahdus sai arvon 100. Vaihtoehtojen toteutettavuutta arvioitiin kuusiportaisella asteikolla. Tätä varten esitettiin tietoa vaihtoehtojen teknisestä ja lainsäädännöllisestä toteutettavuudesta. Lopuksi asetettiin vaihtoehdot paremmuusjärjestykseen.

Vastausten perusteella saadaan yksilöllinen tulosjoukko jokaiselle vastaajalle. Kukin tulosjoukko sisältää vaihtoehtojen hyvyysarvot ja täydellisen vaihtoehtojen paremmuusjärjestyksen. Ongelmaksi muodostuu siten, miten kuva-

ta koko ryhmän tuloksia ($n = 12$). Tässä tapauksessa on muodostettu kaavio vaihtoehtojen hyvyysarvoista, jossa ovat vaaka-akselilla päätöstukiryhmän jäsenet numeroituna ja pystyakselilla hyvyysarvot asteikolla 0-1 (kuva 5.2). Hyvyysarvojen lisäksi tällaisesta kuvaajasta voidaan päätellä vaihtoehtojen paremmuusjärjestys kullekin vastaajalle. Paremmuusjärjestyksiä on tarkasteltu laskemalla kunkin vaihtoehdon saamat ykkös- ja kakkossijat eri vastaajilla. Tässä tarkastelussa pärjää parhaiten Yli-Iin vaihtoehto. Lopuksi, edellisestä kuvaajasta voidaan tunnistaa mahdolliset dominoidut vaihtoehdot. Tässä tapauksessa kaikki vaihtoehdot tosin olivat ei-dominioituja.

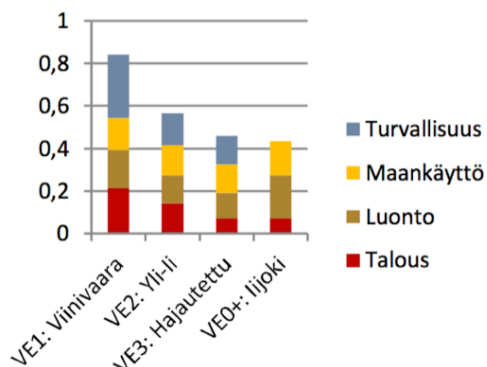


Kuva 5.2: Vaihtoehtojen hyvyys ja paremmuusjärjestys vastaajittain Oulun tapauksessa. Numerot alhaalla edustavat päätöstukiryhmän jäseniä, ja pisteen korkeus kertoo vaihtoehdon hyvyydestä kyseisen jäsenen vastauksissa. (Rantala et al., 2014, s. 41)

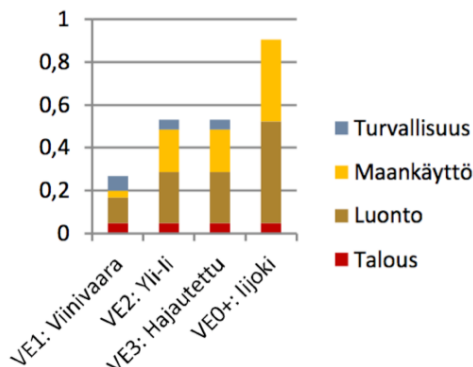
Aineiston perusteella on muodostettu näkökulmia, jotka kuvaavat toisistaan poikkeavia näkemyksiä. Näkökulmien muodostamisessa ei ole pyritty kuvaamaan kaikkia esiin tulleita näkemyksiä, joita on periaatteessa yhtä paljon kuin vastaajiakin. Sen sijaan on pyritty löytämään aineistosta vastaajien "tyypilliset näkökulmat". Näkökulmien avulla pyritään kuvaamaan, miten suuri vaikutus vastaajien välisillä eroilla on vaihtoehtojen paremmuusjärjestykseen. (Rantala et al., 2014, s. 37) Näkökulman määrittely sisältää arviot vaikutusten merkittävyydelle ja tavoitteiden tärkeys painot. Päättäjien näkemyksiä kuvaavia näkökulmia on muodostettu kolme kappaletta (kuva 5.3).

Kustakin näkökulmasta on esitetty pylväskaavio ja lyhyt kuvaus. Pylväskaaviot on piirretty siten, että niistä näkyy eri tavoitteiden vaikutus vaihtoehdon hyvyyteen. Kuvauksessa käydään läpi näkökulmaan sisältyviä arvostuksia ja niille esitettyjä perusteluja.

1 Turvallisuus ja talous



2 Luonto ja maankäyttö – pintavesi riittää



Kuva 5.3: Vaihtoehtojen hyvyys eri näkökulmista Oulun tapauksessa. Pylvään korkeus kuvaa vaihtoehdon hyvyyttä kyseisestä näkökulmasta. Tapauksessa muodostettiin kolme näkökulmaa, joista kuvataan tässä kaksi ensimmäistä. (Rantala et al., 2014, s. 37)

Johtopäätöksiä on muodostettu eri tavoin, mutta suurin osa päätelmistä perustuu näkökulmien tulkintaan. Seuraavassa esitettävät johtopäätökset onkin otsikoitu ”hyväksyttävien vaihtoehto riippuu näkökulmasta.” Ne esitetään raportin yhteenveto-osiossa. Tässä esitetään loppuraporttiin kirjatut johtopäätökset, ja esitetään niille perusteita. Perustelut voivat sisältää kirjoittajan omaa tulkintaa, koska johtopäätösten muodostamista ei kuvata käytetys- aineistossa. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että näkökulmia tulkitsemalla on muodostettu ehdollisia johtopäätöksiä. Ehdolliset johtopäätökset ovat muotoa: ”jos arvostat näkökulmassa x painotettavia tavoitteita, niin paras vaihtoehto on y .” Ehdolliset johtopäätökset on muotoiltu vaihtoehtojen kuvauksina, mutta loogisesti sisältö lienee silti yhtäläinen. Esimerkiksi näkökulmasta ”1 Turvallisuus ja talous” katsottuna paras on Viinivaaran vaihtoehto. Tämän perusteella on laadittu johtopäätös: ”Viinivaara toteuttaa turvallisuutta ja taloutta, mutta luontovaikutukset herättävät huolta.” Lisäksi on huomioitu, että turvallisuutta painottavissa näkökulmissa (1 ja 3) kaikki pohjavesivaihtoehdot ovat pintavesilähdettä parempia. Tämän perusteella on laadittu johtopäätös: ”turvallisuuden näkökulmasta pohjavesivaihtoehdot korostuvat.” Näkökulmien lisäksi on tarkasteltu laajaa hyväksyttävyyttä eri vastaajien kesken. Kun lasketaan kunkin vaihtoehdon saamat ykkös- ja kakkossijat

eri vastaajien kesken, paras on Yli-Iin vaihtoehto. Siten on päätelty, että “Yli-Ii toteuttaa tasaisesti kaikkia tavoitteita.” Edellä esitetyt päätelmät edustavat erilaisia tapoja valita niin sanottu paras vaihtoehto. Päätelmät ovat siten ehdollisia, ja lopullinen valinta jää päätöksentekijöille.

Selostuksen loppupäätelmänä on esitetty vielä eräänlainen kokonaisarvio. Lopullinen päätelmä on, että hankkeen suunnittelua tulisi jatkaa kahden vaihtoehdon pohjalta. Tämä johtopäätös esitetään sekä raportissa että hankkeen verkkosivuilla. Lopullinen johtopäätös on siten hyvien vaihtoehtojen tunnistaminen. Arvioinnin tuloksista keskusteltiin päätöstukiryhmän kolmannessa tapaamisessa. Aineiston perusteella on vaikea arvioida, missä määrin keskustelutilaisuus vaikutti johtopäätösten laadintaan. Kyseessä on kunnallinen päätöksenteko, joten lopullisen päätöksen tekee kaupunginvaltuusto. Lopullisia päätöksentekijöitä ovat siis kaupunginvaltuutetut.

5.1.3 Vuosaaren sataman YVA

Vaihtoehtojen muodostamista varten on selvitetty erilaisia vaihtoehtoja sataman ja sen maa- ja meriliikenneyhteyksien toteuttamiseksi. Pääosin vaihtoehdot on selvitetty kaupungin yleiskaavaa ja sataman perustamiskirjaa varten. YVA-menettelyssä ei enää etsitty uusia vaihtoehtoja sataman sijoitukseen, mutta menettelyn kuluessa on tullut esiin uusia vaihtoehtoja liikenneyhteyksien toteuttamiseen. Arvioinnissa muodostettu vaihtoehtojen määrittely on kaksivaiheinen:

1. Uuden tavarasataman rakentaminen Vuosaareen (Vuosaari-vaihtoehto) tai toiminnan jatkuminen nykyisissä satamissa (hanketta ei toteuteta -vaihtoehto, myös niin sanottu nollavaihtoehto).
2. Jos Vuosaari-vaihtoehto toteutetaan, miten rakennetaan sinne johtava meriväylä, maantie- ja rautatieyhteydet. Liikenneyhteyksien rakentamisessa on tutkittavana eri vaihtoehtoja. Vaihtoehtoina tarkastellaan kahta meriväylävaihtoehtoa (I ja II), kolmea silta- ja tunnelivaihtoehtoa tie- ja raideyhteyksille (A, B ja C) sekä neljää vaihtoehtoista rata-
linjausta (1, 2, 3 ja 4), joilla satama kytkeytyy nykyiseen rataverkkoon.

Liikenneyhteysvaihtoehtojen yhdistelmistä muodostettiin $24 (= 2 \cdot 3 \cdot 4)$ varsinaista vaihtoehtoa. Yhdessä nollavaihtoehdon kanssa saatiin siten 25 varsinaista vaihtoehtoa.

Tietomäärän laajuuden ja monimutkaisuuden takia on katsottu tarpeelliseksi soveltaa yhdisteleviä menetelmiä. Hokkanen et al. (1999) arvioi, että päätök-

sentekijöiden on vaikea arvioida kaikkea hankkeessa tuotettua tietoa kokonaisuutena. Olisi todennäköistä, että ilman päätöksentekoa tukevia menetelmiä vaihtoehtojen suhteellisia hyötyjä arvioitaisiin pienen kriteerijoukon perusteella, keskittyen esimerkiksi taloudellisiin tekijöihin ja yksittäisiin ympäristövaikutuksiin. Monitavoitearvioinnin tarkoitus oli tukea päätöksentekijöitä, ja varmistaa YVassa tuotetun tiedon siirtyminen päätöksentekoprosesseihin.

Menetelmän valinnassa korostetaan, että preferenssi-informaatiota on vaikeata kerätä suurelta päätöksentekijöiden joukolta. Tässä tapauksessa preferenssi-informaatiota tulisi kerätä kaupunginvaltuutetuilta, jotka päättävät satamahankkeen toteuttamisesta. Hokkanen et al. (1999) kuitenkin katsoo, että tämän tiedon hankkiminen suurelta poliittisten päätöksentekijöiden joukolta on haastavaa seuraavien syiden takia: 1) päätöksentekijöitä on varsin suuri määrä (85 kaupunginvaltuutettua), 2) päätöksentekijöillä ei välttämättä ole riittävästi aikaa henkilökohtaisille haastatteluille, 3) preferenssien ilmaiseminen on haastavaa monimutkaisessa ympäristöongelmassa, ja 4) poliittiset päättäjät eivät välttämättä halua ilmaista tarkkoja preferenssejään. Tästä syystä on haluttu menetelmä, joka ei edellytä preferenssi-informaatiota päätöksentekijöiltä. Tämä vapaus oli tärkein kriteeri menetelmän valinnassa. Sen lisäksi painotetaan erilaisten näkökulmien kuvaamista ja epävarmuuksien huomioon ottamista. Tarkoituksena on ollut kuvata sellaiset arvostukset (painokertoimet), joiden perusteella kukin vaihtoehto voitaisiin valita. Tarkennuksena todetaan vielä, että arvostuksia tutkitaan painoavaruusanalyysillä. Edellisten lisäksi on haluttu mallintaa vaikutusarvioihin liittyvän epävarmuuden vaikutusta päätöksentekoon. Edellä mainittujen argumenttien perusteella on päädytty käyttämään SMAA-menetelmää.

Arviointiselostuksessa verrataan pääasiassa hankkeen toteuttamista verrattuna hankkeen toteuttamatta jättämiseen. Ensivaiheessa siis lienee tehty päätös satamahankkeen toteutumisesta. Arviointiselostuksessa esitetty vertailu on muodoltaan erittelevää ja yhdistelevää vertailua. Erittelevässä osiossa vertaillaan vaihtoehtoja vertailutekijöittäin. Erittelevässä vertailussa kuvataan, mitkä tekijät puoltavat hankkeen toteuttamista, ja mitkä tekijät puoltavat hankkeen toteuttamatta jättämistä. Yhdistelevässä vertailussa tarkastellaan kaikkia tekijöitä samanaikaisesti. Yhdistelevässä vertailussa kuvataan, millaiset arvostukset voivat johtaa hankkeen toteuttamiseen tai toteuttamatta jättämiseen.

Erittelevässä vertailussa siis kuvataan, mitkä tekijät puoltavat hankkeen toteuttamista, ja mitkä tekijät puoltavat hankkeen toteuttamatta jättämistä. Tämän tyyppinen tarkastelu ei välttämättä ole nykyisin erityisen tyyppillistä, vaikka se on erittelevän vertailun perusteella mahdollista. Tässä tapauksessa

tämän tyyppinen tarkastelu on voinut ollut erityisen toivottua, koska ensivaiheessa on ollut tarkoitus päättää, voidaanko satamahanke toteuttaa. Nykykäytännöstä poiketen vaikutusarviot on tiivistetty yksittäisillä virkkeillä, pidempien kappaleiden sijaan. Yksityiskohtainen tarkastelu on toki esitetty muualla arviointiselostuksessa. Erittelevä vertailu on otsikoitu "Vaihtoehtojen vertailu vertailutekijöittäin". Tekijäkohtainen vertailu paljastaa selkeän arvokonfliktin: ihmiseen ja yhdyskuntarakenteeseen kohdistuvat vaikutukset puoltavat hankkeen toteuttamista, mutta miltei kaikki luontovaikutukset puoltavat hankkeen toteuttamatta jättämistä. Luontoon kohdistuvia haittoja on kuitenkin mahdollista lieventää valitsemalla kalliimpi liikenneyhteysvaihtoehto.

Yhdistelevässä vertailussa siis kuvataan, millaiset arvostukset voivat johtaa hankkeen toteuttamiseen tai toteuttamatta jättämiseen. Vertailussa kuvataan kaksi mahdollista arvostusprofilia. Ensimmäinen puoltaa hankkeen toteuttamista, toinen toteuttamatta jättämistä. Kuten seuraavasta nähdään, hankkeen toteuttamista puoltavat vaikutukset ihmiseen ja yhteiskuntarakenteeseen. Toteuttamatta jättämistä taas puoltavat sataman rakentamisesta seuraavat luontovaikutukset. Arviointiselostuksessa kuvataan, millaisilla arvostuksilla kuhunkin vaihtoehtoon voidaan päätyä. Tässä kuvataan vain painojen kokonaissummat. Selostuksessa kuvataan myös arvostuksen jakautuminen eri vaikutusten kesken. Seuraavat ovat suorina lainauksia arviointiselostuksesta:

- Hanketta ei toteuteta -vaihtoehto valitaan, jos koko arvostus tai vähintään 2/3 siitä annetaan luontotekijöille. Loppuosa arvostuksesta jää tällöin muille tekijöille. Vastaavasti Vuosaari-vaihtoehto valitaan, jos luontotekijöille annetaan alle 2/3 kaikesta arvostuksesta.
- Vuosaari-hankkeen vaihtoehdot vaikuttavat ympäristötekijöihin eri tavoin.
 - Tyypilliseen Vuosaari-vaihtoehtoon päädytään antamalla kaikesta arvostuksesta vähintään 60 % ihmiselle ja yhdyskuntarakenteelle ja enintään 40 % luontotekijöille.
 - Jos luontonäkökulmia painotetaan enemmän, Valitaan Vuosaari-vaihtoehdoista ne, joissa liikenneyhteudet ovat mahdollisimman paljon tunneleissa (B- ja C-vaihtoehdot). Tällöin arvostetaan kuitenkin vähemmän taloutta, koska ratkaisut ovat kalliimpia.

Tässä on kuvattu vaihtoehtojen vertailu siten, kuin se on esitetty arviointiselostuksessa. Vertailusta on kirjoitettu myös yksityiskohtaisempi liiteraportti ja tutkimusartikkeli (Hokkanen et al., 1999).

5.2 Menetelmien soveltamisen arviointi

Edellä on kuvattu hankkeet, joissa on sovellettu kolmea erilaista monikriteerimenetelmää. Tässä osiossa tehdään havaintoja menetelmien soveltamisesta ja vertaillaan hankkeissa tehtyä arviointia. Samalla pyritään arvioimaan niitä erilaisia tapoja, joilla menetelmiä on sovellettu.

Yhteistyöryhmä

Yhteistyöryhmää sovellettiin Oulun tapauksessa, jossa sovellettiin arvopuu-analyysiä. Oulun tapauksessa osallistuminen perustui yhteistyöryhmään ja sen toimintaa edeltäneisiin haastatteluihin. Haastatteluilla selvitettiin ensiksi hankkeen tavoitteita laajemmalla rintamalla. Sen jälkeen keskityttiin yhteistyöryhmässä suhteellisen pieneen päätöksentekijöiden joukkoon.

Yhteistyöryhmän toimintaa tarkastelemalla voidaan tehdä kolme havaintoa. Ensinnäkin, pieni päätöksentekijöiden joukko edusti yhteistyöryhmässä huomattavasti suurempaa poliittisten päättäjien joukkoa. Osallistujat valittiin kaikista puolueista, joilla oli edustus kaupunginvaltuustossa. Toiseksi, yhteistyöryhmän jäsenet osallistuivat ongelman strukturointiin ennen tekijöiden painoarvojen määrittämistä. Yhteistyöryhmä sekä hyväksyi arvioinnissa käytetyn kriteeristön että valitsi arvioitavat vaihtoehdot. Vasta sen jälkeen samat henkilöt arvioivat kriteerien tärkeyttä. Kolmanneksi, päätöksentekijät antoivat oman näkemyksensä eri kriteerien tärkeydestä, mutta kenenkään vastauksia ei yksilöity. Vuosaaren tapauksessa arvioitiin, että päätöksentekijät voivat olla estyneitä tai haluttomia ilmaisemaan omia preferenssejään. Oulun tapauksen perusteella vaikuttaisi kuitenkin siltä, että sopivasti järjestettynä myös preferenssien ilmaiseminen on mahdollista. Molemmissa tapauksissa päätöksentekijät olivat kaupunginvaltuuston jäseniä. Vuosaaren tapauksessa myös arvioitiin, että päätöksentekijät voivat pitää kriteerien painottamista liian vaikeana. Oulun tapauksessa tähän on puututtu osallistamalla päätöksentekijöitä jo ongelman strukturoinnissa ennen painoarvojen määrittämistä. Muutoinkin painoarvojen määrittämistä tulisi edeltää osallistuminen kriteeristön ja vaihtoehtojen muodostamiseen. Jotta kriteerien tärkeyttä voidaan arvioida luotettavasti, tulisi kriteeristön ensiksi kattaa kaikkien osallistujien tärkeinä pitämät tekijät.

Kriteeristön ja vaihtoehtojen muodostaminen

Kriteeristöjä ja vaihtoehtoja vertailemalla voidaan havaita ainakin, että kriteerien lukumäärä oli erityisen pieni Oulun tapauksessa ja toisaalta vaihtoehtojen lukumäärä erityisen suuri Vuosaaren tapauksessa. Vaihtoehtojen

suuri lukumäärä Vuosaaren tapauksessa vaikuttaisi viittaavan eroihin menetelmien välillä, mutta kriteerien pieni määrä Oulun tapauksessa vaikuttaisi viittaavan enemmänkin tapauskohtaiseen harkintaan.

Arvioitavia kriteerejä on tunnistettu eri tavoin. Oulun tapauksessa lähtökohdiana olivat päätöksentekijöiden, asiantuntijoiden ja sidosryhmien näkemykset hankkeen tavoitteista. Tavoitteita selvitettiin haastatteluilla, joita tehtiin varsin suuri määrä, yhteensä noin 50. Oulun tapaus ei ollut YVA, mutta tapauksissa, jotka olivat YVA-hankkeita, lähtökohdiana olivat lainsäädännön vaatimukset. Lainsäädännön vaatimusten lisäksi eri osapuolille tärkeitä tekijöitä tunnistettiin haastatteluilla ja erilaisilla kyselyillä. Näissä tapauksissa kriteeristö myös sisälsi suuremman määrän eri tekijöitä. Näissä tapauksissa kriteerien määrä oli välillä 11-16. Oulun tapauksessa vaihtoehtojen vertailu perustui neljään tavoitteeseen, joille päätöksentekijät olivat muodostaneet kokonaisarviot. Osatekijöiden pois jättämistä perusteltiin sillä, että pienempi kriteeristö on helpommin ymmärrettävä.

Vaikka Oulun tapauksessa on päädytty pienempään kriteeristöön, ei tämä tarkoita, että arvopuuanalyysi rajoittaisi kriteerien määrää. Kriteerien määrä voi olla ongelma silloin, jos päätöksentekijöiltä vaaditaan painojen lisäksi myös yksilöllisten arvofunktioiden määrittämistä. Painojen määrittämiseen verrattuna arvofunktioiden määrittäminen on huomattavasti työläämpää. Arvofunktioiden määrittäminen ei ole kuitenkaan tarpeen, jos lineaarinen approksimaatio on analyysin kannalta riittävä. Esimerkiksi vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa käytettävät asteikot pyritään yleensä muodostamaan siten, että asteikko on suurin piirtein lineaarinen. Lineaarisia arvofunktioita käytettiin sekä Oulun että Vuosaaren tapauksissa.

Vaihtoehtoja oli huomattavan paljon Vuosaaren tapauksessa, jossa käytettiin SMAA-menetelmää. Muita menetelmiä käyttävissä tapauksissa vaihtoehtoja oli selvästi vähemmän. Vuosaaren tapauksessa arvioitiin yhteensä 25 eri vaihtoehtoa, kun muissa tapauksissa vaihtoehtoja oli 3-4. Vaikka Vuosaaren tapauksessa muodostettiin suuri määrä vaihtoehtoja, kaikkia ei käsitelty siinä vaihtoehtojen vertailussa, joka esitettiin arviointiselostuksessa. Arviointiselostuksessa vertailtiin vain hankkeen toteuttamista suhteessa toteuttamatta jättämiseen. Alavaihtoehtojen vertailu esitettiin liiteraportissa. Alavaihtoehtot oli muodostettu kombinaatioina mahdollisista liikenneyhteysvaihtoehtoista.

Painoarvojen määrittäminen eri tekijöille

Oulun tapaus oli ainoa, jossa päätöksentekijät antoivat näkemyksensä eri kriteerien tärkeydestä. Eri tavoitteille määritettiin painoarvot sen mukaan,

Taulukko 5.1: Keskeisiä piirteitä menetelmien soveltamisessa

	Helen	Oulu	Vuosaari
Menetelmä	Erittelevä vertailu	Arvopuuanalyysi	SMAA
Yhteistyöryhmä	Ei yhteistyöryhmää	3 tapaamista	Ei yhteistyöryhmää
Kriteerien lkm	16	4	11
Tavoitteiden tunnistaminen	Ilmastotavoitteet tärkeimpiä, asukaskysely ja yleisötilaisuuksia	Sidosryhmien ja asiantuntijoiden haastattelut, internet-kysely	Asiantuntijoiden haastattelut, asukaskysely ja yleisötilaisuuksia
Kriteeristön muodostaminen	Asiantuntijat muodostivat kriteeristön	Asiantuntijat laativat alustavan kriteeristön, yhteistyöryhmä hyväksyi	Asiantuntijat muodostivat kriteeristön
Vaikutusten arviointi	Vaikutuksen arvioi kyseisen alan asiantuntija	Asiantuntijaryhmä arvioi aikaisempien selvitysten perusteella	Vaikutuksen arvioi kyseisen alan asiantuntija
Vaikutusten merkittävyyden arviointi	Asiantuntija arvioi järjestelmällisellä arviointikehikolla	Päätöksentekijän oma arvio	Merkittävyyttä ei arvioitu
Arvofunktioiden määrittäminen	–	Arvofunktiot lineaarisia	Arvofunktiot lineaarisia
Painojen määrittäminen	–	Kysymyslomake, joka täytettiin yhteistyöryhmän työpajassa	–
Vaihtoehtojen lkm	3	4	25 (2)
Vaihtoehtojen tunnistaminen	Hankkeesta vastaava selvitti mahdolliset vaihtoehdot	Erillisselvitys kartoitti kaikki potentiaaliset vaihtoehdot	Selvitetty liikenne-yhteysvaihtoehdot, ei muita sijainti-vaihtoehtoja
Vaihtoehtojen muodostaminen	Hankkeesta vastaava muodosti vaihtoehdot	Yhteistyöryhmä valitsi arvioitavat vaihtoehdot	Hankkeesta vastaava muodosti vaihtoehdot
Tulokset	Yhteenvetotaulukko	3 näkökulmaa, vastaajakohtainen hyvyys ja paremmuusjärjestys	Hyväksyttävyyssindeksit, keskeiset painovektorit, uskottavuusindeksit

kuinka tärkeinä päätöksentekijät pitivät vaihtoehtojen välisiä vaikutuseroja eri tavoitteiden suhteen. Painoarvoja määrittämällä selvitettiin, miten päätöksentekijöiden näkemykset eri tavoitteiden tärkeydestä poikkesivat toisistaan. Toisin kuin Oulun tapauksessa sovellettu arvopuuanalyysi Vuosaaren tapauksessa sovellettu SMAA ei edellytä päätöksentekijöiltä preferenssitietoa. Menetelmän käyttöä perusteltiin sillä, että painoarvojen määrittäminen on vaikeata ja päätöksentekijät saattavat olla haluttomia ilmaisemaan omia preferenssejään. Painoarvojen määrittäminen myös vaatii resursseja. Helsingin Energian tapauksessa vuorostaan sovellettiin erittelevää vertailua, joka ei sisällä vaikutusten painottamista. Koska Oulun tapaus oli ainoa, jossa määritettiin painoarvot eri tekijöille, seuraavassa arvioidaan painoarvojen määrittämistä Oulun tapauksen perusteella.

Painoarvot määritettiin työpajassa, joka järjestettiin yhteistyöryhmään kuuluneille päätöksentekijöille. Kukin päätöksentekijä antoi oman näkemyksensä eri kriteerien tärkeydestä. Ennen painoarvojen määrittämistä päätöksentekijät tutustuivat asiantuntijaryhmän laatimaan tietopakettiin, jossa kuvattiin eri vaihtoehdot ja niiden vaikutukset. Tietopaketti johdatteli vaiheittain painokertoimien arviointiin. Tietopaketissa painotettiin, että painojen arviointi ei perustu kriteerien yleiseen tärkeyteen, vaan kriteerikohtaisiin vaihteluväleihin. Päätöksentekijät tutustuivat vaihteluväleihin vertailemalla vaihtoehtoja kunkin vaikutuksen suhteen, ja arvioimalla vaikutusten merkittävyyttä. Painojen määrittämisessä käytettiin SWING-menetelmää, ja analyytikoiden laatimaa kysymyslomaketta. SWING-menetelmä on yleisesti käytetty ja useiden niin sanottujen keveämpien menetelmien peruskomponentti. Suhteiden arviointi on osaltaan luontevaa, mutta menetelmän heikkous on, että suhdeluville on hankala antaa eksaktia määritelmää (Eisenführ et al., 2010).

Analyytikot opastivat päätöksentekijöitä painojen arviointiin, ja vastasivat mahdollisiin kysymyksiin. Voi silti olla, että jotkin osallistujat tarvitsisivat enemmän henkilökohtaista opastusta kuin työpajassa on mahdollista tarjota. Ilman yksilöllistä vuorovaikutusta analyytikoiden on vaikea varmistaa, että kaikki osallistujat varmasti ymmärtävät kysymykset oikealla tavalla (Marttunen et al., 2015). Tässä tapauksessa osallistujat kuitenkin olivat henkilöitä, jotka työskentelivät johtotehtävissä. Lisäksi noin puolet ryhmän jäsenistä työskenteli asianomaisen liikelaitoksen johtokunnassa. Tällaiset päätöksentekijät eivät tarvitse yhtä paljon opastusta kuin tottumattomammat osallistujat.

Päätöksentekijöiltä kysyttiin heidän omia näkemyksiään, mutta he myös edustivat omia valtuustoryhmiään. Siitäkin syystä osallistujia kannustettiin keskustelemaan yhteistyöryhmän työstä oman ryhmittymänsä kanssa. Täs-

sä tapauksessa valtuustoryhmien jäsenten määrä painottui valtuustoryhmän suuruuden perusteella, mutta kyseessä ei ole tilastollisesti edustava otos. Analyysin avulla saadaan eräänlainen poikkileikkaus eri osapuolien näkemyksistä. Verrattuna Vuosaaren tapauksessa tehtyyn painoavaruusanalyysiin suurin ero on, että analyysi pyrkii kuvaamaan päätöksentekijöiden todellisia arvostuksia. Painokertoimien avulla pyrittiin kuvaamaan kattavasti päätöksentekijöiden erilaisia arvostuksia.

Tulosten esittäminen ja tulkinta

Tuloksissa painottuu erilaisten näkökulmien kuvaaminen sekä Oulun että Vuosaaren tapauksissa. Näkökulmia on kuitenkin muodostettu hyvin eri tavoin. Oulun tapauksessa on ryhmitelty päätöksentekijät vastausten samankaltaisuuden perusteella, ja valittu kustakin ryhmästä yksi ”tyypillinen” vastaaja. Vuosaaren tapauksessa ei ole kerätty preferenssitietoa, mutta tulos on kuvaus siitä, millä tavoin oletettu tai kuviteltu päätöksentekijä painottaa eri tekijöitä, kun päädytään kuhunkin vaihtoehtoon.

Vuosaaren tapauksessa esitetyn lähestymistavan heikkoutena voidaan pitää laskentaperiaatteen monimutkaisuudesta johtuvaa tulosten muodostumisen läpinäkyvättömyyttä. Analyytikon tehtävä on selittää mallin tulokset kaikille ymmärrettävässä muodossa, mutta läpinäkyvyyden puute voi heikentää luottamusta mallin tuloksiin. Toinen heikkous on, että lähestymistapa ei juurikaan tue vaihtoehtojen välisten vaikutuserojen ymmärtämistä. Vaihtoehtoja vertaillaan lähinnä niitä tukevien arvostusten perusteella. Maallikkoversiossa ei esimerkiksi esitetä yhteenvetotaulukkoa, josta kriteerien arvot voisi tarkastaa. Tämä valinta on todennäköisesti tehty, jotta vertailu säilyisi helposti ymmärrettävänä. Voi kuitenkin olla, että tällöin lukija tulkitsee painoja enemmänkin kriteerien yleisen tärkeyden perusteella. Kenties painojen tulkinta olisi hyvä tuoda esiin siitäkin syystä, että vertailu perustuu painoavaruuden matemaattiseen tarkasteluun. Painoihin ei siis ole kohdistunut päätöksentekijöiden henkilökohtaista arviointia.

Kotimaisessa YVA-käytännössä on tapana jakaa vertailumenetelmät eritteleviin ja yhdisteleviin menetelmiin. Tämän jaottelun mukaan Helsingin Energian tapauksessa sovellettiin erittelevää vertailua, mutta Oulun ja Vuosaaren tapauksissa sovellettiin yhdistelevää vertailua. Hieman yksinkertaistaen voidaan sanoa, että vaihtoehdon haitat ja hyödyt voidaan lukea erittelevästä vertailusta. Yhdistelevä vertailu tukee hyötyjen ja haittojen suhteuttamista toisiinsa. Lisäksi se mahdollistaa arvioijien subjektiivisten arvostusten sisällyttämisen arviointiin, jolloin voidaan havainnollistaa arvostuksissa olevien erojen vaikutusta lopputulokseen.

Taulukko 5.2: Monikriteerimenetelmien vahvuudet ja heikkoudet

	Vahvuudet	Heikkoudet
Erittelevä vertailu (Helen)	<ul style="list-style-type: none"> + Alalla vallitseva käytäntö + Mahdollista toteuttaa, vaikka käytettävissä ei ole monikriteerimenetelmiin perehtynyttä analyytikköä 	<ul style="list-style-type: none"> – Havainnollisuus vähenee arvioitavien tekijöiden ja vaihtoehtojen määrän kasvaessa – Ei tue erimitallisten vaikutusten vertailua – Ei kuvaa päätöksentekijöiden arvostuksissa olevien erojen vaikutusta lopputulokseen
Arvopuu-analyysi (Oulu)	<ul style="list-style-type: none"> + Tukee erimitallisten vaikutusten vertailua + Tukee näkemyserojen ja niiden syiden ymmärtämistä + Kuvaa päätöksentekijöiden arvostuksissa olevien erojen vaikutusta lopputulokseen + Arvioi vaihtoehtoja yksityiskohtaisemmin kuin SMAA + Vaatii enemmän perehtymistä kuin erittelevä vertailu, mutta on merkittävästi helpommin ymmärrettävä kuin SMAA 	<ul style="list-style-type: none"> – Tekijöiden tärkeyttä kuvaavien painoarvojen määrittäminen vaikeaa – Analyytikon rooli keskeinen – Vaatii enemmän resursseja kuin erittelevä vertailu tai SMAA
SMAA (Vuosaari)	<ul style="list-style-type: none"> + Päätöksentekijän ei tarvitse antaa preferenssitietoa + Karsii pois tehottomat vaihtoehdot, joita kenenkään ei tulisi pitää parhaimpana + Tunnistaa potentiaalisia kompromissivaihtoehtoja + Vaatii menetelmään perehtyneen analyytikon, mutta muuten ei vaadi merkittävästi enempää resursseja kuin erittelevä vertailu 	<ul style="list-style-type: none"> – Ei juurikaan tue erimitallisten vaikutusten vertailua – Ei tue vaihtoehtojen vaikutuserojen ymmärtämistä, koska huomio painoarvoissa – Arviointi on suuripiirteisempää kuin arvopuuanalyysissä – Laskentaperiaate monimutkainen – Analyytikon täytyy selittää tulokset kaikille ymmärrettävässä muodossa. Luottamus tuloksiin karsii, jos mallin toimintaa ei ymmärretä. – Vertailusta täytyy esittää ymmärrettävämpi maallikkoversio

Luku 6

Johtopäätökset

Tutkimukseni tavoitteena oli selvittää, millainen monitavoitearviointiin pohjautuva menetelmä soveltuisi vaihtoehtojen vertailuun kotimaisissa YVA-hankkeissa. Vastausta olen etsinyt tutkimuskirjallisuuden ja valittujen monitavoitearviointihankkeiden perusteella. Monitavoitearviointihankkeista olen tutkinut niistä julkistettuja kirjallisia lähteitä. Lopputulos on kuvaileva analyysi eri menetelmien vahvuuksista ja heikkouksista, mutta tutkimustavasta ja tapausten pienestä määrästä johtuen tuloksia ei voida laajasti yleistää.

Tutkimukseni ensimmäinen lähtökohta oli, että ympäristövaikutusten arviointimenettely edellyttää vaihtoehtojen vertailua (YVAA, 2006, 10 §), mutta ei ota kantaa vertailun toteutukseen. Toinen lähtökohtani oli, että monitavoitearviointi tarjoaa vertailuun useita hienostuneita menetelmiä. Menetelmien vertailut ovat kuitenkin osoittaneet, ettei ole olemassa yhtä yliverstaista, kaikkiin tapauksiin sopivaa “supermetodia” (Guitouni & Martel, 1998). Menetelmän valintaa ohjaavat arviointiprosessille asetetut tavoitteet, tapauksen asettamat vaatimukset ja saatavilla olevat resurssit. Siksi ei ole mielekästä sanoa, että yksi menetelmä olisi itsessään toista parempi tai huonompi. Menetelmä tulisi kuitenkin valita huolellisesti, sillä eri menetelmät eivät välttämättä tuota samaa lopputulosta. Vaihtoehtoina on tässä työssä tarkasteltu erittelevää vertailua, arvopuuanalyysiä ja SMAA-menetelmää. Olennaista on myös, miten menetelmiä sovelletaan. Esimerkiksi kriteerien painoarvojen määrittäminen voidaan tehdä eri tavoin, ja valitulla tavalla voi olla vaikutusta siihen, kuinka hyvin lopputulos kuvaa arvioijan todellista mielipidettä.

Kotimaisen YVA-menettelyn kehittämisessä on painotettu erittelevää vertailua. Perusteena on ollut menettelyn osallistumista korostava luonne sekä arvo- ja intressiristiriitojen avoin käsittely. (Turtiainen, 2000) Yhdistelevään

vertailuun on suhtauduttu kriittisesti, mutta yhdisteleviä menetelmiä tai niiden tarjoamia mahdollisuuksia ei välttämättä tunneta kovin hyvin. Yhdisteleviä menetelmiä voidaan siis soveltaa tavalla, joka ottaa huomioon erilaiset arvostukset. Tässä työssä myös ehdotetaan erittelevän ja yhdistelevän vertailun yhdistämistä siten, että erittelevä vertailu esitetään samalla laajuudella kuin arviointiselostuksissa nykyisin.

Vaihtoehtojen vertailun nykykäytäntö YVA-hankkeissa on erittelevä vertailu. Erittelevän vertailun tavoitteena on, että lukija pystyisi muodostamaan selkeän kuvan kunkin vaihtoehdon hyödyistä ja haitoista eri tekijöiden suhteen. Yhtenä vertailun tavoitteena voidaan pitää myös sitä, että tavallinen kansalainen saa selville, miten suunniteltu hanke vaikuttaa hänelle tärkeisiin asioihin. Tämä tavoite saavutetaan erittelevällä vertailulla, mikäli lukija on kiinnostunut ainoastaan yhdestä tai korkeintaan muutamasta eri tekijästä. Erittelevän vertailun havainnollisuus kuitenkin vähenee arvioitavien tekijöiden ja vaihtoehtojen määrän kasvaessa. Yhdistelevien menetelmien etuja on, että niillä voidaan tarkastella havainnollisesti lukuisia eri tekijöitä ja useampaa eri vaihtoehtoa. Yhdistelevä vertailu kuitenkin vaatii erityisosaamista. Tarvittavien resurssien määrä riippuu sekä käytettävästä menetelmästä että prosessille asetetuista tavoitteista.

Arvopuuanalyysi soveltuu vaihtoehtojen järjestelmälliseen ja kokonaisvaltaiseen arviointiin. Siten kuin tässä työssä on kuvattu, menetelmällä voidaan tutkia tehokkaasti noin 3-5 ratkaisuvaihtoehtoa. Menetelmän hyödyt toteutuvat kaikista parhaiten, jos menetelmä asettaa rungon koko arvioinnille ja sitä toteutetaan vuorovaikutteisesti (Marttunen et al., 2015). Tässä työssä kuvattu lähestymistapa vaatii merkittävästi enemmän resursseja kuin pelkkä erittelevä vertailu. Arvopuuanalyysiä voidaan kuitenkin soveltaa eri tavoin. Arvopuuanalyysi edellyttää eri tekijöiden tärkeyttä kuvaavien painoarvojen määrittämistä. Eri tekijöiden painoarvojen määrittäminen on vaikeata ja erilaisille harhoille altista (Marttunen et al., 2017). Prosessiin sisältyy yleensä intensiivistä pienryhmätyöskentelyä, minkä lisäksi painoarvojen laadukas määrittäminen edellyttää henkilökohtaista vuorovaikutusta. Vuorovaikutus tukee osallistujien oppimista sekä eri osapuolien välisten näkemyserojen ja niiden syiden ymmärtämistä. Arvostusten käsittely myös mahdollistaa ehdollisen ohjeistuksen, joka havainnollistaa arvostuksissa olevien erojen vaikutusta lopputulokseen. Siitä huolimatta tulosten oikeellisuuden arviointi on vaikeata, ja siksikin prosessia johtamaan tarvitaan kokenut analyttikko.

SMAA on niin sanottu käänteismenetelmä, jota voidaan käyttää, jos saatavilla ei ole päätöksentekijöiden antamaa preferenssitietoa. Menetelmä sopii myös tapauksiin, joissa tarkastellaan suuripiirteisemmin hyvin suurta vaih-

toehtojen joukkoa. Silloin menetelmän avulla voidaan tunnistaa tehottomat vaihtoehdot sekä tunnistaa potentiaalisia kompromissivaihtoehtoja. Menetelmä vaatii erityisosaamista, mutta muuten ei vaadi juurikaan enempää resursseja kuin erittelevä vertailu. Suuren vaihtoehtojoukon tarkastelu on periaatteessa toivottavaa, mutta tällöin vaihtoehtojen vertailusta tulee teknisempää ja ainakin maallikolle vaikeammin ymmärrettävää. Eräs ratkaisu voisi olla vaiheittainen tarkastelu siten, että SMAA-analyysillä valittaisiin suuresta vaihtoehtojoukosta pienempi joukko arvopuuanalyysillä tehtävää tarkempaa arviointia varten. Tässäkin on tosin mahdollisena haasteena se, että SMAA on maallikoille vaikeasti ymmärrettävä.

Tässä työssä on esitetty muutamia eri tapoja, joilla yhdistelevän vertailun voisi toteuttaa osana YVA-menettelyä. Erilaisia toteutustapoja olisi mahdollista kokeilla käytännön YVA-hankkeissa. Yksi mahdollinen toteutustapa olisi, että kansalaisten eri kuulemistilaisuuksissa kerätyn aineiston perusteella asiantuntijat muodostavat erilaisia näkökulmia ja antavat niitä heijastavat painoarvot eri kriteereille. Asiantuntijoiden muodostamia arvostusprofileja ovat kehittäneet esimerkiksi Jämsén (2013) ja SYKE (2014). Valintatilanteessa on viime kädessä kyse siitä, mitä tekijöitä päätöksentekijät arvostavat eniten. Tämän esittäminen havainnollisesti voi edistää keskustelua ja lisätä valitun vaihtoehdon hyväksyntää.

Kirjallisuutta

- Borcherding, K. & von Winterfeldt, D. (1988). The effect of varying value trees on multiattribute evaluations. *Acta Psychol. (Amst)*., 68, 153–170.
- Brans, J. P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *Eur. J. Oper. Res.*, 24(2), 228–238.
- Edwards, W. & Barron, F. H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.*, 60, 306–325.
- Eisenführ, F., Weber, M., & Langer, T. (2010). *Rational Decision Making*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Eskola, T. (2015). Linjamaisten, pistemäisten ja paikkaan sidottujen hankkeiden vaihtoehtotarkastelun vertailu ympäristövaikutusten arvioinnissa. Pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylä.
- Fischer, G. W. (1995). Range Sensitivity of Attribute Weights in Multiattribute Value Models. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.*, 62(3), 252–266.
- Gregory, R., Failing, L., Harstone, M., Long, G., McDaniels, T., & Ohlson, D. (2012). *Structured Decision Making: A Practical Guide to Environmental Management Choices*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Guitouni, A. & Martel, J.-M. (1998). Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *Eur. J. Oper. Res.*, 109(2), 501–521.
- Heikkonen, M. (2008). *Vuosaaren satama ja ympäristö: Suunnittelusta rakentamiseen*. Tekninen raportti, Helsingin Satama Oy, Helsinki.
- Helsingin kaupunki (1995). *Helsingin satamahanke: Ympäristövaikutusten arviointiselostus*. YVA-selostus, Helsingin kaupunki, Helsinki.

- Hilden, M., Ostamo, E., Rahikainen, M., & Päivärinne, A.-M. (1997). *Arviointiselostusten laadunarviointi*. Ympäristöopas 33, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Hokkanen, J., Lahdelma, R., & Salminen, P. (1999). A multiple criteria decision model for analyzing and choosing among different development patterns for the Helsinki cargo harbor. *Socioecon. Plann. Sci.*, 33(1), 1–23.
- Hokkanen, P. & Kojo, M. (2003). *Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn vaikutus päätöksentekoon*. Suomen ympäristö 612, Ympäristöministeriö, Helsinki.
- IMPERIA-hanke (2015). Monitavoitearvioinnin käytännöt ja työkalut ympäristövaikutusten arvioinnin laadun ja vaikuttavuuden parantamisessa. Saatavissa: <http://imperia.jyu.fi>. [viitattu 29.5.2017].
- Jalava, K., Pasanen, S., Saalasti, M., & Kuitunen, M. (2010). Quality of Environmental Impact Assessment: Finnish EISs and the opinions of EIA professionals. *Impact Assess. Proj. Apprais.*, 28(1), 15–27.
- Jämsén, M. (2013). Kustannus-hyötyanalyysin ja monitavoitearvioinnin yhteiskäyttö ympäristövaikutusten arvioinnissa: Esimerkkitaupauksena Tampereen Rantaväylä. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Taloustieteen laitos.
- Janssen, R. (2001). On the Use of Multi-Criteria Analysis in Environmental Impact Assessment in The Netherlands. *J. Multi-Criteria Decis. Anal.*, 10(December 1999), 101–109.
- Jantunen, J. & Hokkanen, P. (2010). *YVA-lainsäädännön toimivuusarviointi: Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn toimivuus ja kehitystarpeet*. Suomen ympäristö 18/2010, Ympäristöministeriö, Helsinki.
- JY (2016). YVAKO - Ympäristövaikutusten arvioinnin koulutus- ja osaa misportaali. Saatavissa: <http://yvako.jyu.fi/yva-tietoa>. [viitattu 29.5.2017].
- Keeney, R. L. (1992). *Value-focused thinking: A path to creative decisionmaking*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Keeney, R. L. (2002). Common Mistakes in Making Value Trade-Offs. *Oper. Res.*, 50(6), 935–945.
- Keeney, R. L. (2013). Identifying, prioritizing, and using multiple objectives. *EURO J. Decis. Process.*, 1(1-2), 45–67.

- Keeney, R. L. & Raiffa, H. (1976). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. New York: John Wiley & Sons.
- Kiker, G. A., Bridges, T. S., Varghese, A., Seager, P. T. P., & Linkov, I. (2005). Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. *Integr. Environ. Assess. Manag.*, 1(2), 95–108.
- Lahdelma, R., Hokkanen, J., & Salminen, P. (1998). SMAA - Stochastic multiobjective acceptability analysis. *Eur. J. Oper. Res.*, 106(1), 137–143.
- Lahdelma, R. & Salminen, P. (2001). SMAA-2: Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis for Group Decision Making. *Oper. Res.*, 49(3), 444–454.
- Lahdelma, R., Salminen, P., & Hokkanen, J. (2000). Using multicriteria methods in environmental planning and management. *Environ. Manage.*, 26(6), 595–605.
- Lehmonen, A.-M. (2012). Osallistumisen parantaminen monitavoitearvioinnilla ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä. Pro gradu -tutkielma, Helsingin yliopisto, Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta, Ympäristötieteiden laitos.
- Marttunen, M. (2011). Monitavoitearviointi ja sen soveltamismahdollisuudet ympäristösuunnittelussa. Luentomateriaali 1.4.2011.
- Marttunen, M., Belton, V., & Lienert, J. (2017). Are objectives hierarchy related biases observed in practice? A meta-analysis of environmental and energy applications of Multi-Criteria Decision Analysis. *Eur. J. Oper. Res.*, In press.
- Marttunen, M., Mustajoki, J., Dufva, M., & Karjalainen, T. P. (2015). How to design and realize participation of stakeholders in MCDA processes? A framework for selecting an appropriate approach. *EURO J. Decis. Process.*, 3, 187–214.
- Marttunen, M., Mustajoki, J., Verta, O.-M., & Hämäläinen, R. P. (2008). *Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa: Menetelmä ja sen soveltamisesimerkkejä vesistöjen käytössä ja hoidossa*. Suomen ympäristö 11/2008, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Mustajoki, J., Hämäläinen, R. P., & Salo, A. (2005). Decision Support by Interval SMART/SWING - Incorporating Imprecision in the SMART and SWING Methods. *Decis. Sci.*, 36(2), 317–339.

- Mustajoki, J. & Marttunen, M. (2015). Milloin ympäristövaikutus on merkittävä? In *IMPERIA-loppuseminaari 9.11.2015* Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Mustajoki, J., Marttunen, M., & Hokkanen, J. (2015). *Monitavoitearvioinnin ja ongelmien jäsentelymenetelmien hyödyntäminen ympäristövaikutusten arvioinneissa*. IMPERIA-hankkeen projektiraportti, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Polatidis, H., Haralambopoulos, D. A., Munda, G., & Vreeker, R. (2006). Selecting an Appropriate Multi-Criteria Decision Analysis Technique for Renewable Energy Planning. *Energy Sources, Part B Econ. Planning, Policy*, 1(2), 181–193.
- Pöyhönen, M. (1998). *On Attribute Weighting in Value Trees*. Väitöskirja, Teknillinen korkeakoulu, Systemianalyysin laboratorio.
- Pöyhönen, M., Vrolijk, H., & Hämäläinen, R. P. (2001). Behavioral and procedural consequences of structural variation in value trees. *Eur. J. Oper. Res.*, 134, 216–227.
- Pöyry (2013). *Selvitys Oulun vedenhankinnan varmistamisen vaihtoehtoista*. Tekninen raportti, Oulun Vesi, Oulu.
- Ramboll (2013). *Biopolttoaineiden käytön lisääminen Helsingin energiantuotannossa: Ympäristövaikutusten arviointiohjelma*. YVA-ohjelma, Helen Oy, Helsinki.
- Ramboll (2014). *Biopolttoaineiden käytön lisääminen Helsingin energiantuotannossa: Ympäristövaikutusten arviointiselostus*. YVA-selostus, Helen Oy, Helsinki.
- Rantakallio, S. (2014). YVA-direktiivi muuttui - lakimuutokseen aikaa kolme vuotta. *IMPAKTI* 2/2014, 16–17.
- Rantala, L., Karjalainen, T. P., & Rossi, P. (2014). *Oulun vedenhankinnan monitavoitearviointi: Loppuraportti*. Tekninen raportti, Oulun yliopisto, Thule-instituutti, Oulu.
- Riekkinen, V. (2014). Työkalu ympäristövaikutusten merkittävyyden arviointiin. Sovelletun matematiikan erikoistyö, Aalto-yliopisto, Espoo.
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of electre methods. *Theory Decis.*, 31(1), 49–73.

- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Stillwell, W. G., von Winterfeldt, D., & John, R. S. (1987). Comparing hierarchical and nonhierarchical weighting methods for eliciting multiattribute value models. *Manage. Sci.*, 33(4), 442–450.
- SYKE (2014). *Tourujoen kehittämisen ja Kankaan uomavaihtoehtojen monitoringin arviointi*. Tekninen raportti, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- SYKE (2015). *Tilastoja YVA-menettelyn soveltamisesta vuoden 2014 loppuun saakka*. Tekninen raportti, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Tervonen, T. & Figueira, J. R. (2008). A Survey on Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis Methods. *J. Multi-Criteria Decis. Anal.*, 15, 1–14.
- Tervonen, T. & Lahdelma, R. (2007). Implementing stochastic multicriteria acceptability analysis. *Eur. J. Oper. Res.*, 178(2), 500–513.
- Turtiainen, M. (2000). *Vertailu ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä*. Suomen ympäristö 391, Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Uudenmaan ELY-keskus (2014). *Lausunto ympäristövaikutusten arviointiselostuksesta, Biopolttoaineiden käytön lisääminen Helsingin energiantuotannossa*. Lausunto, Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Helsinki.
- von Winterfeldt, D. & Edwards, W. (1986). *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weber, M. & Borchering, K. (1993). Behavioral influences on weight judgments in multiattribute decision making. *Eur. J. Oper. Res.*, 67, 1–12.
- Weber, M., Eisenfuhr, F., & von Winterfeldt, D. (1988). The Effects of Splitting Attributes on Weights in Multiattribute Utility Measurement. *Manage. Sci.*, 34(4), 431–445.
- Ympäristöhallinto (2016). Ympäristölupa. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa. [viitattu 29.5.2017].
- YVAA (2006). Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006.
- YVAL (1994). Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 468/1994.

Liite A

SMAA-ohjelmakoodi

```
%{
    This file is part of an implementation of SMAA-2 in MATLAB
    Original reference implementation Copyright 2009 Douwe Postmus
    Derivative work Copyright 2017 Vesa-Matti Riekkinen

    The original work: http://smaa.fi/static/other/smaa-matlab.zip

    This program is free software: you can redistribute it and/or modify
    it under the terms of the GNU General Public License as published by
    the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
    (at your option) any later version.

    This program is distributed in the hope that it will be useful,
    but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
    MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
    GNU General Public License for more details.

    You should have received a copy of the GNU General Public License
    along with this program. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.
%}

function u = utility(x,w,worst,best)
alternatives = size(x,1);
xmin = repmat(worst,alternatives,1);
xmax = repmat(best,alternatives,1);
value = (x-xmin) ./ (xmax-xmin);
u = value * w';
```

```

function [rankaccept,central,confidence] = smaa2(mean,dx,worst,best,iterations)

% Check array dimensions
alternatives = size(mean,1);
criteria = size(mean,2);
assert(isequal(size(mean), size(dx)));
assert(isequal([1,criteria], size(worst)));
assert(isequal([1,criteria], size(best)));

% Initialization
rankaccept = zeros(alternatives);
central = zeros(alternatives,criteria);
confidence = zeros(1,alternatives);
weights = zeros(1,criteria);
measurements = zeros(alternatives,criteria);

% Compute rank acceptability indices + central weight vectors
for i = 1:iterations
    % Generate weights
    randNum = rand(1,criteria-1);
    q = [0,sort(randNum),1];
    weights = q(2:criteria+1) - q(1:criteria);

    % Generate criteria measuments + compute utility of each alternative
    measurements = mean + dx.*(-1+(1+1)*rand(alternatives,criteria));
    value = utility(measurements,weights,worst,best);

    % Ranking of the alternatives based on their utility scores
    [y,rank] = sort(value,'descend');

    % Update counters
    for r = 1:alternatives
        rankaccept(rank(r),r) = rankaccept(rank(r),r) + 1;
    end
    central(rank(1),:) = central(rank(1),:) + weights;
end

% Compute SMAA descriptive measures
for a = 1:alternatives
    if rankaccept(a,1)>0
        central(a,:) = central(a,+)/rankaccept(a,1);
    end
end

```

```
rankaccept = rankaccept/iterations;

% Compute confidence factors
for i = 1:iterations
    % Generate criteria measurements
    measurements = mean + dx.*(-1+(1+1)*rand(alternatives,criteria));

    for a = 1:alternatives
        % Get central weight vector + compute utility of each alternative
        weights=central(a,:);
        value = utility(measurements,weights,worst,best);

        % Ranking of the alternatives based on their utility scores
        [y,rank1] = max(value);

        % Update counter
        if a==rank1
            confidence(a) = confidence(a) + 1;
        end
    end
end

confidence = confidence/iterations;
```

```

%{
    Helsinki general cargo harbor (Hokkanen et al. 1999)
    This data is from Lahdelma and Salminen (2001)
    which presents a simplified version of the case.
}%

% Criteria measurements
alternatives = 13;
criteria = 11;
iterations = 10000;
mean = [4  1    985  30  166  705  25000  4.5  4.2  15.1  1.75;
        4  2.5  985  30  166  765  25000  4.5  4.1  15.3  1.69;
        4  1.5  985  30  166  705  25000  4.5  4.3  12.7  1.75;
        4  1.5  985  30  166  705  25000  4.5  4.3  12.2  1.65;
        4  1.5  985  35  177  705  25000  4.5  4.4  15.1  1.68;
        4  2.5  985  35  177  765  25000  4.5  4.3  15.3  1.62;
        4  2    985  35  177  705  25000  4.5  4.5  12.7  1.68;
        4  2    985  35  177  705  25000  4.5  4.5  12.2  1.58;
        4  1    985  35  166  705  25000  4.5  4.6  14.8  1.72;
        4  2.5  985  35  166  765  25000  4.5  4.5  15.0  1.66;
        4  1.5  985  35  166  705  25000  4.5  4.7  12.4  1.72;
        4  2    985  35  166  705  25000  4.5  4.7  11.9  1.62;
        1  0    1300  50  266  4200    0  2    1    18.8  1];
minimize = [1 2 3 6 10];

% Find the least and most preferred levels of each criteria
minlevel = min(mean);
maxlevel = max(mean);
worst = minlevel;
best = maxlevel;
worst(minimize) = maxlevel(minimize);
best(minimize) = minlevel(minimize);

% Set the level of variation
dx = repmat((maxlevel-minlevel)/10,alternatives,1);

% Compute the analysis
[rankaccept,central,confidence] = smaa2(mean,dx,worst,best,iterations);

% Display SMAA descriptive measures
rankaccept
central
confidence

```